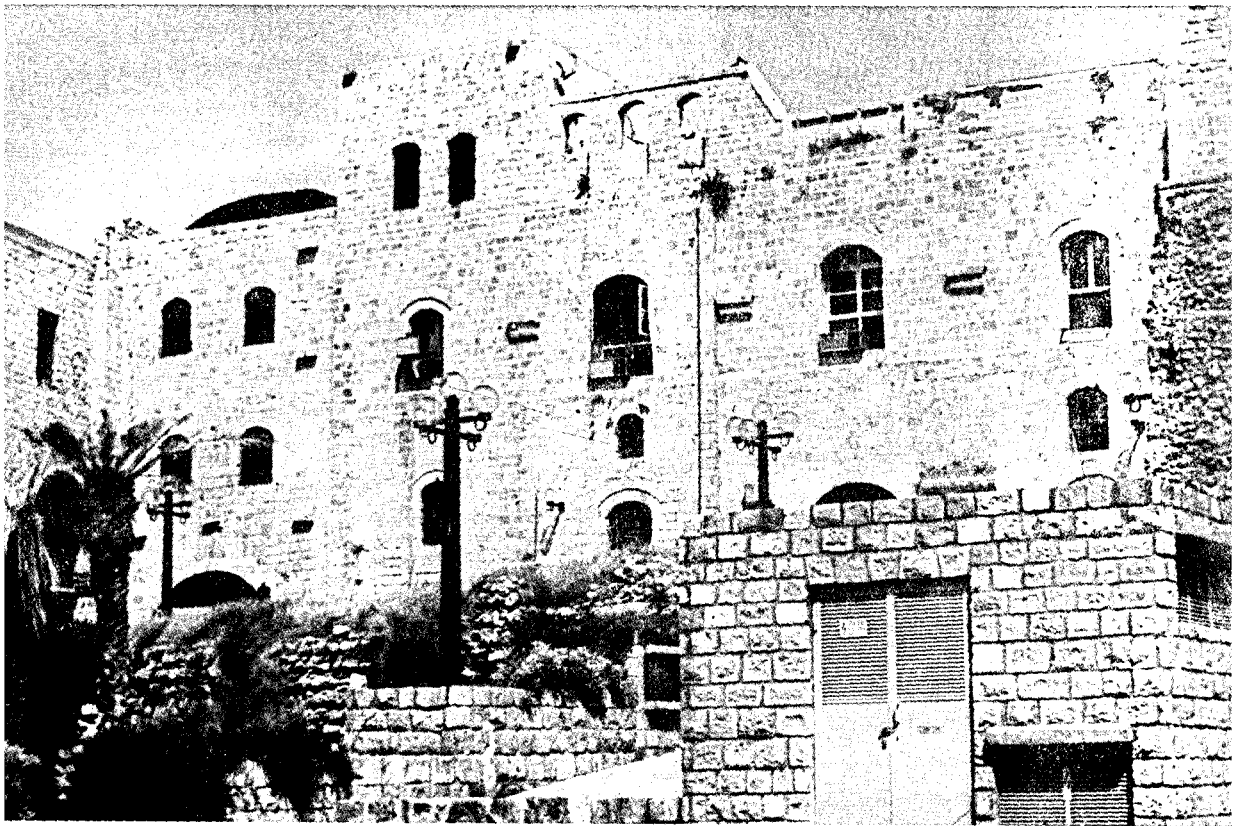


ע ל ו ן ל ח ש נ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



| | |
|----|---|
| 3 | דבר העורך |
| 4 | ידיעות, מידע, דיווח |
| 6 | צבעי הסימון של פחילים, מוליכים וכבלים - ל. מד'ר |
| 7 | הודעה על חידוש מנוי "התקע המצדיע" |
| 8 | הערות והארות בקשר למתקן החשמל לדור שמש המותקן בבית קיים - א. לייטנר |
| 9 | בעיות במפסקי מגן במתקן חשמל ביתי - ו. זיס |
| 10 | הארקה באמצעות מערכת אלקטרודות לאדמה - א. י. איציקוביץ |
| 16 | השפעות התאורה הפלואורוסצנטית על גוף האדם - ל.ר. רוזצ'י, ה.ו. בודמן |
| 17 | תאורה במקום העבודה - ה. האנה |
| 21 | הרובוטיקה - שימושים ויישומים מודרניים - י. ליאור |
| | מדור מודעות - שרות פרסומי |
| 23 | חשמל לא בבת אחת |
| 24 | התנעת מנועי השראה - בעיות ופתרונות - א. פלקס |
| 28 | רכב חשמלי - מצב פיתוח עכשווי - י. מורת, א. שוופלברג |
| 32 | הפקת חשמל מאנרגיית השמש - א. סמיד |
| 36 | הפרעות חשמל בזינת מחשבים - ד. אטרקצי |
| 39 | הרשת הבלתי מאורקת (רשת מבודדת) - א. כהן |
| 43 | חידון בקיאות בתקנות חשמל |

עורך

א. לייטנר

עורך המשנה:

א. ונגרקו

מנהל המערכת:

ש. וולפסון

המערכת:

י. בלבל, ה. גינדס, ל. יבלוובסקי,

ש. מרדיקס, י. נוימן, נ. פלג, ג. פרבר,

ה. ציפר, צ. קולטוצ'ניק, ש. קורן.

מנהלה:

מ. ציטרון

כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע"מ

ת.ד. 25, חל-אביב - 61000

טל. 03-625963

סדר והדפסה:

פרסום אלי בע"מ, חיפה

דפוס ואופסט י. גרף בע"מ, חיפה

ב ש ע ר :

(טרנספורמציה) פנימית "מזל שור"

תחנת ההשנאה "מזל שור" נבנתה בשטח הבילויים של יפו העתיקה.

המראה החיצוני של התחנה משתלב בסגנון הבניה של האזור והמבנה אינו

מזדקד כחריג יוצא דופן בסביבתו.

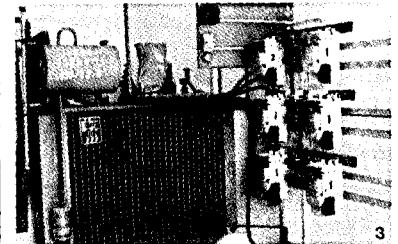
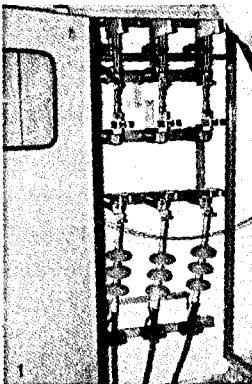
דבר זה נתאפשר הודות לשימוש בלוחות מתח גבוה 13 ק"ו, בגובה של 2.50

מטר בלבד (1,2). לוחות אלו הוכנסו לשימוש סטנדרטי במחוז דן והם מיוצרים

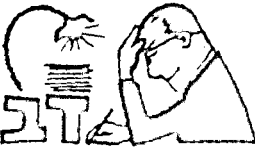
בבתי המלאכה של חברת החשמל.

בנוסף לכך, מותקנים בתחנת ההשנאה שניאים (3) המצוידים, בצד המתח הגבוה,

בחיבור תקע'שקע, המוסיפים לבטיחות בעת תפעול התחנה.



דגל העורך



חשמלאים יקרים

הסרטון "אסונות התחשמלות" אשר הוקרן לראשונה בטלוויזיה בתוכנית "כלבוטק" בחודש דצמבר 1983 זכה להדים רבים בציבור הישראלי בכלל ובקרב אנשי מקצוע החשמל בפרט.

אפשר לומר שכמעט שלא היה בית בישראל שבו לא ראו את הסרט (אשר הוקרן פעם נוספת בתשדיר של הטלוויזיה הלימודית בחודש פברואר) וכעת פועלת חברת החשמל ל"שיכפול" הסרט במספר רב של עותקים כדי לאפשר הפצתו בחוגים שונים להקרנה במכשירי וידאו (בבתי ספר, מועדוני נוער, מועדונים קהילתיים וכו').

יש כיום מודעות רבה מאד בציבור לסיכונים שטומן בחובו ניצול לא נכון של האנרגיה החשמלית אשר היא כשלעצמה מהווה ללא ספק, "סם־חיים" לכל פעילות במשק הבית, בתעשייה במסחר ובשרותים המאפיינים את החברה האנושית המודרנית.

חברת החשמל דואגת, יומם וליל, לאורך כל השנה, לקיום אספקת חשמל תקינה, סדירה ורציפה. אולם, אין באפשרותה של חברת החשמל להבטיח את תקינותם של מתקני החשמל הפרטיים (מההיבט הבטיחותי והתפעולי) מעבר לבדיקה שמבצעים בודקי החברה לפני נתינת האספקה למתקן חדש או בדיקות שמבצעים בודקי החברה – לפי הזמנת צרכן או חשמלאי – לאחר ביצוע שינוי במתקן הפרטי.

חברת החשמל פועלת בתחום ההסברה וההדרכה לכלל הצרכנים באשר לשימוש הנכון בחשמל ובכלל זה מדגישה את האספקטים הבטיחותיים.

ציבור החשמלאים הנמצא בקשר רצוף ומתמיד עם מערכת ההסברה המקצועית של חברת החשמל (מכלול פעילויות "התקע המצדיע") מהווה חוליה חשובה ביותר במערכת החשמל הן באשר לרמת ביצוע נאותה של מתקני החשמל בכפיפות לחוק החשמל ולכללים לאספקת חשמל לצרכנים ולכללי המקצוע והן באשר להדרכת הצרכנים כדי שיהיו מודעים וממודעים ליתרונות החשמל ולסכנות הטמונות בניצולו בצורה לא נכונה!

אין להתעלם מהעובדה שביצוע מתקני חשמל בצורה מקצועית (ללא פשרות ואילתורים שעלולים להסתתרים באסונות) גורם לעלות מיידית גבוהה יותר של המתקנים, בהשוואה לעלות המיידית של מתקנים גרועים. יחד עם זאת, התשואה לטווח הארוך הנובעת ממתקן שבוצע בהתאם לכללי המקצוע, גבוהה לעין ערוך!

נראה לי כי חובתו המקצועית והמוסרית של החשמלאי לבצע את מיתקני החשמל כנדרש ולהעיר את תשומת לבם של הגורמים הרלבנטיים – בעל המתקן ו/או מנהל ענייני החשמל במשרד האנרגיה והתשתית הממונה על חוק החשמל, ו/או חברת החשמל – לגבי כל מקרה קונקרטי בו הוא ניתקל בביצוע גרוע של מתקן חשמלי המונע את ההנאה מהחשמל ומהווה, בנוסף לעבירה על החוק, סיכון בטיחותי.

בברכה,

אורי לייסר

הכנס הארצי הראשון של "התקע המצדיע" תל-אביב - ינואר 1984

מערכת "התקע המצדיע" בחנה, בדקה וניתחה את הגודמים שחברו יחד כגון שיבושים בתיפקוד הדואר בהחזרת הודעות ההרשמה, ליקויים בהערכות לקליטת הבאים וכו', והסיקה את הלקחים לקראת האירועים הבאים בכל הקשור הן לצד האידגווי והן לצד התוכני של האירוע כך שנוכל להשתכלל ולהשתפר בעתיד כאשר המגמה היא להגדיל ככל האפשר, את השתתפוּתם של ציבור החשמלאים המעוניינים.

בשאר שלושת המפגשים השתתפו כ-330 איש (מהנד"ס יועצים, חשמלאי קיבוצים ומורים לחשמל) אשר גילו התעניינות רבה בנושא ההרצאות ולקחו חלק פעיל ברבייהשיח שהתקיימו בתום ההרצאות. במפגשים נטלו חלק, בנוסף למרצים ולנציגים בכירים מחברת החשמל, גם נציגים ממושרד האנרגיה והתשתית, ממש"רד החינוך והתרבות, ממושרד העבודה והרווחה וכן מרשתות החינוך המקצועי "עמל" ו"אורט".

בין התאריכים 16.1.84 - 19.1.84 התקיים הכנס הארצי הראשון של "התקע המצדיע" ובמסגרתו נערכו 4 מפגשים כדלקמן:

- 16.1.84 - יום עיון ארצי לחשמלאים.
- 17.1.84 - מפגש מועדון "התקע המצדיע" למהנד"ס יועצי חשמל.
- 18.1.84 - מפגש מועדון "התקע המצדיע" לחשמלאי הקיבוצים.
- 19.1.84 - מפגש מועדון "התקע המצדיע" למורי החשמל.

ביום העיון הארצי השתתפו כ-900 איש, שהגיעו למפגש מכל חלקי הארץ. ההענות הרחבה של ציבור החשמלאים לבוא ולהשתתף ביום העיון עלתה על כל המצופה, דבר אשר גרם לצערינו לאי סדר מסויים ברח"ב בת הכניסה לאולם ההרצאות ולשיבושים בקליטת הבאים ורישומם.

כנסים לצרכני תעו"ז מתח נמוך

עם קבלת ההחלטה בדבר החלת תעו"ז (תעריף על פי עומס המערכת וזמן הצריכה) על צריכת החשמל של צרכנים גדולים במתח נמוך, הוחלט לערוך 3 כנסים להסברת הנושא.

הכנסים יערכו בחודש מאי 1984 לצרכנים הנ"ל במרחב הדרום ובמרחב הצפון ויועדו לאותם צרכנים אשר עליהם יחול התעריף, כנס אחד יוקדש לצרכני תעו"ז במתח נמוך בקיבוצים.

מפגש מועדון חשמלאי צה"ל

בחודש מאי 1984 אמור להתקיים מפגש מספר 2 של מועדון חשמלאי צה"ל. המפגש הנוכחי יתארח כאחד מבסיסי צה"ל ותוגשנה בו הרצאות בנושאי חברת החשמל, חקיקה ותקינה, תעריפים ועוד.

סדרה חדשה של מפגשי מועדון "התקע המצדיע" באזורים

בשנת 1984/85 מתוכננות 2 סדרות של מועדונים איווריים לחשמלאים.

הראשונה (סדרה מספר 11) תחל ביוני ותסתיים באוקטובר 1984. נושא ההרצאה המרכזית שתוגש בסדרה זו יהיה:

"תכנון וביצוע מערכות הארקה והגנה נגד חישמול כהתאם לתקנות החדשות".

התקנות החדשות בנושא זה כבר נחתמו ע"י השד הממונה והן עומדות לקבל פרסום כבר בעתיד הקרוב ביותר, לכן רואה המערכת חשיבות רבה בהסברת נושא זה לציבור החשמלאים, כך שיוכל להערך בצורה נכונה לדרישות התקנות כפי שתופענה.

הסדרה השניה (סדרה מספר 12) מתוכננת להתחיל בפברואר 1985. נושא ההרצאה המרכזית בסדרה לא יקבע עדיין.

ארגון ארצי לקבלי חשמל וחשמלאים מוסמכים ליד התאחדות בעלי מלאכה ותעשייה זעירה בישראל

אגרת לחשמלאי העצמאי

ארגון קבלי חשמל וחשמלאים עצמאים ליד התאחדות בעלי מלאכה ותעשייה זעירה בישראל פונה אל החשמלאים וקורא להם להצטרף לארגון כדי לעזור לסייע בידם בכל ענייניהם המקצועיים וכדי להשיג בכוחות משותפים את המטרות שהצבנו לעצמנו:

- א. לשפר ולקדם את היחסים בין קבלן החשמל והמוזמין.
 - ב. לקיים תחרות הוגנת בין הקבלנים לשם קבלת פרויקטים.
 - ג. ליווים קשרים עם חברת החשמל לפתרון בעיות מקצועיות של הקבלן בשטח.
 - ד. לקבל מידע שוטף על נוהלי הזמנת בדיקות על-ידי חברת החשמל.
 - ה. להוציא לאור מחירון מנחה לביצוע עבודות חשמל.
 - ו. לתת הנחיות לגבי קידום מקצועי, סיווג, רישוי והשתלמויות לחשמלאים.
 - ז. לייצג בהקשר למיסוי וכיו"ב.
 - ח. לשפר את התנאים הסוציאליים של ציבור קבלי חשמל, ועוד...
- אנו פתוחים לכל הצעה שתביא לקידום הענף, ונשמח להצטרפותך לארגון. אנא פנה אלינו לפי הכתובת: מר אופק, המזכיר הארצי של ארגון קבלי חשמל רח' המורים 8, פתח-תקוה, טלפון: 03-9222605.

קבלת קהל:

במים ג'ה' בשעות 19.00-16.30 ביום ו' - בשעות 13.00-08.30.

"המדריך לחשמלאי" – 1984

לפני ימים אחדים יצאה לאור המהדורה החדשה של **המדריך לחשמלאי** מאת: אינג' ז. דוניבסקי

במדריך החדש ימצא החשמלאי הסבר מפורט ומוסמך של כל התקנות החדשות שכבר פורסמו, או עומדות להתפרסם בימים הקרובים, על ידי משרד האנרגיה והתשתית.

בין החידושים במדריך זה מן הראוי לציין:

"איפוס" – שיטת הגנה נגד חישמול אשר תחליף במבנים חדשים את שיטת ההגנה המקובלת כיום – על ידי הארקת הגנה.

שינויים רבים בכללים להתקנת מעגלים סופיים

כללים להתקנת דודי שמש

הנחיות חדשות לבניית רשתות מתח נמוך

הוראות חדשות להגשת עזרה ראשונה לנפגעי מכת חשמל, ועוד

אנו בטוחים כי המדריך לחשמלאי, במהדורתו החדשה, יהיה לעזר רב לחשמלאים בתיכונן ובביצוע מתקני חשמל שיענו על כל הדרישות של התקנות ומבכרים את אינג' ז. דוניבסקי על העבודה הרבה שהושקעה על ידו בעריכת הספר.

מחיר הספר – 800 שקל + מע"מ.

את הספר ניתן להשיג בחנויות הספרים או להזמין בכתב אצל המחבר לפי הכתובת: רח' דישראל 19, חיפה 34333.

מיכאל זאבי איננו

ביום שבת 7.1.1984 נפטר **מיכאל זאבי**, חבר קיבוץ שער העמקים, דמות ידועה ואהודה לכל חשמלאי הקיבוצים מכל התנועות.

עם פטירתו נסתלקה מבינינו דמות מופלאה – אדם שהקדיש את חייו לחינוך המקצועי של חשמלאי ההתיישבות העובדת.

המנוח היה פעיל במחלקת החשמל של הקיבוץ הארצי, כמעט ברציפות, במשך 35 שנים. בתקופה זו הוא הקים ופיתח את המחלקה לחשמל על כל פעולותיה.

בשנים האחרונות התמסר בעיקר לפעילות חינוכית ואירגן קורסים רבים במדרשה לחקלאות בנוסף לימי עיון במוסדות שונים.

פעילותו ההדרכתית תרמה לקידום המקצועי של חשמלאי הקיבוצים ולא פחות חשוב לעידכון ידיעותיהם של החשמלאים היחידים.

היה זה **זאבי**, אשר יזם את הניסוי הנרחב הראשון בארץ בנושא השימוש במפסקי מגן המופעלים בזרם דלף (מפסקי פחת) ודאג גם להשיג את הציוד על ידי פניה לנציגי הספקים והסוכנים ולאחר את "המשוגעים" לדבר שהיו מוכנים לבצע את הניסוי על כל הטרדות הכרוכות בו.

היה זה הוא אשר דחף את החדרת הנושא של שימוש באלקטרודות להארקת יסוד בהתיישבות העובדת.

יהי זכרו ברוך.

(תמצית דברים שנכתבו לזכרו על ידי פרופסור יהודה נאות ואינג' נחום פלג).

צבעי הסימון של פתילים, מוליכים וכבלים

פרופ' ליאון מדד'ר

הרקע

לאחר מלחמת העולם השנייה (בשנים 50-1948) הוחל בקהילה הארופית בפעולות רבות לפיתוח הטכנולוגיה ובמגעים בינלאומיים לשם השגת רציונליזציה וסטנדרטיזציה בשטח החשמל (ובכלל זה בטלקומוניקציה ובאלקטרוטכניקה).

לבטיחות (במתקני חשמל, מכשירי חשמל וכו') ניתנה אז עדיפות על פני היבטים אחרים. באותו זמן (מבלי להכנס לפרטים), החלו בהעברה הדרגתית של מכשירי חשמל בין ארצות אירופה ואז התעורר ביתר שאת הצורך בטיפול אינטנסיבי בכל הקשור בבטיחות וסימון בינלאומי אחיד במיכשור החשמלי.

כראש וראשונה היתה קיימת הבעיה של סימון מוליך ההארקה שהיה שונה בין מדינה למדינה: לדוגמא: באנגליה - לבן, בגרמניה - אדום ובשווייץ - אפור.

המטרה, בטיפול האינטנסיבי, שחולק לעודות עבודה שונות, היתה להגיע לאחידות בסימון שיספק את כל המשתתפים שלקחו חלק בדיונים.

היה קשה מאד להגיע לפיתרון אחיד לסימון מוליך ההארקה בצבע זהה הן במתקני מתח נמוך הן בכבלים (רשתות אספקה תת קרקעיות) והן בפתילים (למכשירי חשמל).

לבסוף הגיעו להחלטה ובחרו את שילוב הצבעים ירוק/צהוב כצבע מזהה של מוליך ההארקה (שליש משטח הפנים - ירוק ושני שלישי - צהוב) היות ושילוב זה - ירוק/צהוב, נחשב כבולט וכמתאים למטרות הבטיחות ובנוסף לכך היה בשילוב זה פיתרון בכך שלא ניתנה העדפה לצבע שהיה מקובל במדינה מסויימת עד עתה.

בנוסף לכך נתקבלה המלצה שבמערכת זרם חילופין יש למונע ככל האפשר את סימון המוליכים האחרים במתקנים, בפתילים ובכבלים בצבעים: אדום, ירוק, צהוב, אפור ולבן.

מעניין שבהסברה הנערכת בחו"ל ישנה הדגשה לא להסתמך על צבע הסימון בלבד, אלא יש לערוך בדיקה קפדנית לפני החיבור - ולוודא באם אכן החיבור הוא בהתאם לצבע הסימון של המוליכים השונים.

סימון מוליכי המופעים (פאזות)

מוליכי המופעים (פאזות) אשר כונו בעבר באמצעות האותיות R.S.T. הוחלפו בקהילה האירופאית ב-1960 ונכנסו לשימוש הסימונים כדלקמן:

| הסימון הישן | הסימון החדש |
|-------------|----------------|
| (1) R (R) | L ₁ |
| (2) S (Y) | L ₂ |
| (3) T (B) | L ₃ |

(ראה תרשים 1)

ביחס לצבעי המוליכים L₁ L₂ L₃ אין עדיין החלטה חד משמעית בקהילה האירופאית אבל ברב הארצות משתמשים בצבעים חום ושחור (ואז 2 מוליכים לדוג' מה L₁ ו-L₂ מסומנים בצבע שחור והמוליך השלישי בצבע חום וכו'). סימון זה מקובל לפתילים (למכשירי חשמל), למוליכים (אינסטלציה) וגם לכבלים (תת קרקעיים).

סימון מוליך האפס (Mp)

רב ארצות העולם אימצו את החלטת הקהילה האירופאית (CENELEC - CENELCOM) והסכימו על סימון אחיד של מוליך האפס (תווך) או נאוטרום (N, NEUTRUM) בצבע תכלת (כחול בהיר), סימון זה משמש הן לסימון פתילים, הן למוליכים והן לכבלים.

מדינת ישראל אימצה בינתיים רק חלק מההחלטה הנ"ל והשימוש לסימון מוליך האפס מקובל רק לגבי פתילים, בעוד הצבע השחור נשאר בשימוש לסימון מוליך האפס בכבלים ובמוליכים.

אני מקווה שבקרוב יוחלף גם אצלנו הצבע השחור המסמן את מוליך האפס בכבלים ובמוליכים לתכלת כפי שקיים בפתילים וזאת כפי שמקובל בעולם.

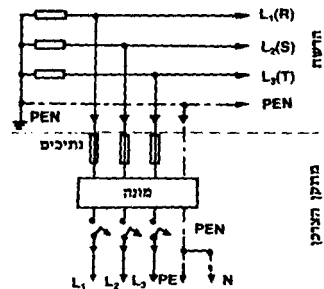
מוליכים וגידים של כבלי מתח-גבוה.

במוליכים וגידים של כבלי מתח-גבוה לא קיימת דרישה לסימון בצבע ולכן יש לערוך בדיקה יסודית ומדוקדקת של מהות החיבור לפני הפעלת המתקן.

* קיימת מגמה להכניס סימון דומה גם בדרישות שתופענה בתקנות החדשות בענין זה גם אצלנו

* המילה פאזה (מופע) שמונח ביוונית - תנועה משתנה (בגרמנית: SCHWINGSZUSTAND) אינה שימושית יותר.

תרשים 1 תרשים רשת האספקה (כפי שמקובל באירופה)



פרופ' ל. מדד'ר - הטכניון חיפה

- יו"ר ועדת התקינה למוליכים, פתילים וכבלים. (מתח-ג' מוך ומתח-גבוה), וחבר הוועדה המרכזית לתקינה בחשמל במכון התקנים הישראלי.

- חבר ועדת ההוראות לחשמל שליד משרד האנרגיה והתשתית

סימון המוליכים

את מוליך התווך המאורק נוהגים לסמן באותיות PROTECTIV EARTH NEUTRAL) ובשרטוט מסמנים את חיבור התווך המאורק כ"קו נקודה קו נקודה" (כדלקמן: (-----)).

מוליך התווך, הנאוטרום (N, NEUTRAL — NEUTRUM) משורטט "ב'קוקים" (קצרים "-----") ומוליך ההארקה (הגנה) מסומן באותיות PE (PROTECTIVE EARTH) ומשורטטים בדומה ל"PEN ב'קו נקודה" (-----).

סיכום

על החשמלאים לקחת לתשומת לבם את העובדה שצבעי ההיכר של הגידים בפתילים ובכבלים הם שונים.

מוליך האפס בפתילים מסומן בצבע תכלת (כחול בהיר) ומוליך האפס במוליכים ובכבלים מסומן בצבע שחור. לדעתי אין ספק שהמצב שתואר לעיל הוא בלתי נסבל וחייבת לבוא סטנדרטיזציה בסימון צבעי ההיכר ביחס לפתילים, מוליכים וכבלים בדומה למקובל בארצות הקהילה האירופאית.

טבלה 1
סימון צבעי ההיכר של הגידים — לפתילים (לפי ת"י 544 סעיף 4)

| מספר הגידים | מספר המופעים | צבעי היכר | |
|-------------|--------------|---------------------|------|
| | | דו-צבעוני צהוב/ירוק | תכלת |
| 2 | חד-מופעי | — | 1 |
| 3 | חד מופעי | 1 | 1 |
| 4 | תלת-מופעי | 1 | — |
| 5 | תלת-מופעי | 1 | 1 |
| למעגל | | ההארקה | האפס |

צבעי הסימון המקובלים בארץ

בארץ, נקבע צבע מוליך הארקה בהתאם לתקן הישראלי ל"ת"י 544 (לפתילים) (טבלה 1) ותקן ישראלי ת"י 473 (למוליכים) וכן לפי חוק החשמל — תקנות 2569 ממאי 1970, והצבעים הם בהתאם למקובל בקהילה האירופאית (CENELEC-CENELCOM) כלומר צהוב ירוק.

צבעי הסימון של כבלים תתי-קרקעיים נקבעו בתקן ישראלי ת"י 547 (טבלה 2) (וכן בתקנה 1949 מספטמבר 1966) (טבלה 2) יש להדגיש שצבעו של מוליך (גיד) ההארקה (צהוב/ירוק) נכנס לשימוש תיקני (סטנדרטי) בארץ לפני יותר מ-15 שנה וישראל היתה בין המדינות הראשונות שאימצה את שילוב הצבעים ירוק/צהוב כצבע מזהה להארקה.

התעשייה הישראלית החלה כבר אז לייצר מוליכי הארקה בצבע ירוק/צהוב בחתך מ"1:25 מ"ר.

טבלה 2

סימון צבעי ההיכר של הגידים בכבלים תת-קרקעיים (לפי ת"י 547 סעיף 105, גליון תיקון 2, מנובמבר 1982)

| צבעי ההיכר של הגידים | | | | | מספר המופעים | מספר הגידים |
|----------------------|-----------|--------|------|-----|--------------|-------------|
| ההארקה צהוב/ירוק | האפס שחור | מופעים | | | | |
| | | כחול | סגול | חום | | |
| — | 1 | — | — | 1 | חד-מופעי | 2 |
| 1 | 1 | — | — | 1 | חד-מופעי | 3 |
| — | — | 1 | 1 | 1 | תלת-מופעי | |
| — | 1 | 1 | 1 | 1 | תלת-מופעי | 4 |
| 1 | — | 1 | 1 | 1 | תלת-מופעי | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | תלת-מופעי | 5 |

הודעה על חידוש מנוי — "התקע-המצדיע" לשנת 1984/85

- חוברת זו ("התקע-המצדיע" מספר 31) היא האחרונה בסדרה הנוכחית (29-31).
- הסדרה החדשה שתצא לאור בהתאם למתוכנן ב-1984/85 תכלול 3 חוברות (34,33,32).
- דמי המנוי לסדרה החדשה נקבעו ל-300 שקלים (100 שקלים לכל חוברת).
- מחיר זה כוחו יפה עד 30.6.84.
- כדי להכליל ברשימת המנויים המעודכנת יש למלא את כרטיס המנוי אשר צורף לטפסי "הרשיון לעסק כביצוע עבודות חשמל" לשנת 1984/85 ואשר נשלחו לאחרונה לחשמלאים.
- את כרטיסי המנוי יש לשלוח לאחר התשלום אל מערכת "התקע-המצדיע".
- ניתן לקבל כרטיסי מנוי גם על ידי פניה ישירה אל המערכת בכתב לפי הכתובת: חברת החשמל לישראל/מערכת "התקע המצדיע" רח' החשמל 25, ת"ד 25, תל-אביב 61000 או בטלפון 03-614343 שלוחה 487.
- החברת הראשונה בסדרת 1984/85 (מספר 32) תשלח רק לחשמלאים אשר שילמו את דמי המנוי במלואם.

הערות והארות בקשר למותקן החשמל לדוד-שמש המותקן בבית קיים

מתקן החשמל לדוד שמש בעל גיבוי חשמלי המותקן בבית חדש מתוכנן בדרך כלל, כהלכה, מבוצע על ידי חשמלאי בעל רישון מתאים ונבדק במקובל על ידי בודק מחברת החשמל לפני נתינת האספקה; שכן מעגל דוד השמש הוא חלק ממתקן החשמל של הדיירה החדשה.

לעומת זאת, בבית קיים בו מותקן דוד שמש בעל גיבוי חשמלי במקום דוד חשמל, נעשית, במקרים רבים, עבודת החשמל הכרוכה בהחלפת דוד החשמל בדוד שמש, בצורה לא מקצועית, בניגוד לחוק החשמל ובניגוד לכללים לאספקת חשמל לצרכנים.

עובדה זו גורמת לכך שקיימים כיום בארץ אלפי דודי שמש שהותקנו בבתיים קיימים, כאמור לעיל, והם מהווים סיכון ומיפגע בטיחותי ממדרגה ראשונה.

מטרת מאמר זה לציין מספר פרטים אשר חייבים להיות לנגד עיני החשמלאי כאשר הוא מבצע חיבור דוד שמש בעל גיבוי חשמלי למתקן החשמל הדיירתי:

א. בהתאם לכלל 7 (תוספות ושינויים במתקן הצרכן) "אסור לצרכן לעשות הרחבות, הוספות או שינויים כלשהם במתקנו לרבות הוספת עומס או שינוי בטיב או בסוג הצריכה מבלי לקבל לכך אישור מראש בכתב מאת החברה".

החלפת דוד חשמל בדוד שמש מחייבת לפיכך את הצרכן בהודעה לחברת החשמל. צרכן שיפנה, כנדרש, אל המשרד האזורי של חברת החשמל יקבל את מלוא המידע וההסברים הקשורים בדבר.

ב. בהתאם לסעיף 6 (א) של חוק החשמל (כיצוע עבודת חשמל) "לא יעסוק אדם בכיצוע עבודת חשמל, אלא אם יש בידי רשיון מאת המנהל המתיר לו ביצוע עבודה מסוג זה".

חיבור דוד השמש אל מתקן החשמל הדיירתי מהווה, ללא ספק, עבודת חשמל ולפיכך חייב להתבצע על ידי חשמלאי בעל רשיון מתאים (ולא על ידי מתקין הדוד אם איננו בעל רשיון חשמלאי!).

ג. בהתאם לתקנות החשמל (למשל, תקנות 58, 59 בתקנות בדבר התקנת מוליכים) "מוליכים, חיבור ואביזרים המותקנים במתקן החשמל יבדקו אחרי השלמת המתקן החשמלי על ידי חשמלאי בעל רשיון מתאים..." "לפני הפעלת המתקן יומין החשמלאי בדיקה הפעלה ותצורה להזמנה תוכנית המתקן והצהרתו בכתב שהמתקן נבדק על ידיו ושהוא תואם את הוראות חוק החשמל והתקנות על פיו".

מהאמור לעיל נובע כי, בכל מקרה, לאחר חיבור דוד שמש (הנמצא בדרך כלל על הגג) אל מערכת החשמל הדיירתי - על החשמלאי להזמין בדיקה. באופן מעשי - עליו לפנות למשרד חברת החשמל (כמקובל - באמצעות "טופס 9") באזור הרלבנטי להזמנת הבדיקה.

ד. בימים אלה נמצאת בשלב הכנה מתקדם רוויזיה לתקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך) אשר בה יהיה, לפי המתוכנן, פרק נפרד אשר מתייחס להתקנת דודי שמש.

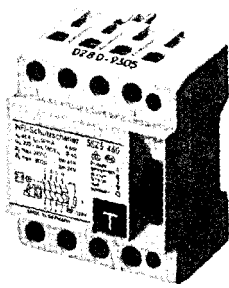
להלן עיקר הפרטים המופיעים בטיטות הפרק הנ"ל:

- דוד שמש יזון על ידי מעגל סופי מיוחד בלוח של המתקן.
- נעשית זינת דוד שמש על ידי כבל על קיר חיצוני של מבנה או על גג, יהיה הכבל שלם לכל אורכו, אין להתקיין כבל זה בצמוד לצינור מים.
- לדוד שמש יותקנו מפסק ונורת סימון בפנים המבנה שהוא משרת, מפסק צמוד לקונסטרקציה שעליה נמצא הדוד.
- על המפסק הנ"ל להתאים לדרגת הגנה IP / 357 לפי התקן הישראלי ת"י 981, דהיינו עליו להיות מוגן בפני חדירת אבק והצטברותו, מוגן בפני גשם ועמיד בפני פגיעות מכניות.
- הדוד והמפסק הנ"ל יסומנו באופן המאפשר זיהוי של הלוח שממנו נזין הדוד. קיים במבנה מיספור לדירות, וכלול הסימון את מספר הדיירה.
- כאשר מותקן דוד אחד בלבד במבנה שיש בו לוח ראשי אחד לא תחול עליו, על המפסק שלו וכן על חיבות המעגל המזין אותו, חובת הסימון.
- הארקה במתקן החשמל של דוד השמש תותקן על ידי מוליך הארקה אשר יובא במעגל הדוד מהלוח המזין אותו. נעשית זינת הדוד על ידי כבל, יהיה מוליך הארקה כלול בכבל.
- אביזרים מחומרים פלסטיים של מתקן החשמל המותקנים תחת כיפת השמיים יהיו מהסוג העמיד בפני קרינת שמש או יוגנו בצורה נאותה בפני קרינה זו.

בודקי חברת החשמל מקפידים על קיום הדרישות הנ"ל כאשר הם מבצעים בדיקה של מתקן חשמל לדוד שמש. לסיכום:

ביצוע של מתקן החשמל לדוד שמש בבית קיים, בהתאם לדרישות חוק החשמל, הכללים לאספקת חשמל לצרכנים וכללי המקצוע הטוב מייקר אמנם, במידת מה, את עלות המתקן בהשוואה למתקן המבוצע בצורה לא מקצועית (ובניגוד לחוק!) אך הוא מבטיח את איכות המתקן הן מההיבט הבטיחותי והן מההיבט התפעולי.

אינג' אורי לייטנר



בעיות במפסקי מגן במתקן חשמל ביתי

אינג' ויקטור זיס

לאור צריכת חשמל גבוהה זו, התקין החשמלאי מעגל נוסף עבור הדוד לחימום מים מייד באמצעות מפסק אוטומטי זעיר – 25A שחובר במקביל למפסק זרם אוטומטי ראשי אף הוא 25A. התקנה זו נעשתה לאחד שהמתקן בדירת הצרכן נבדק כמקובל, על ידי בודקי חברת החשמל.

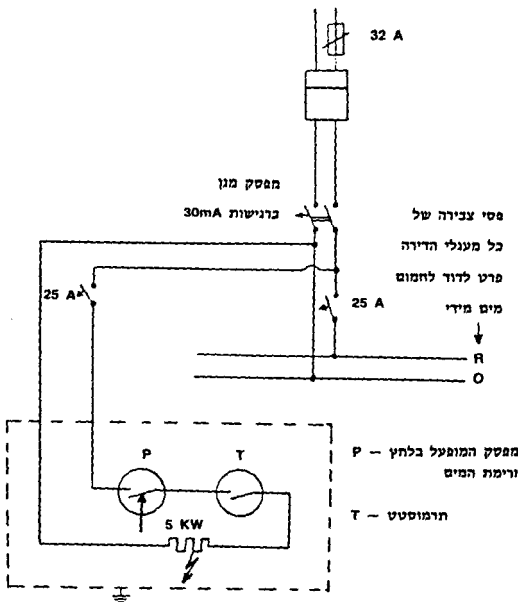
במעשה זה ביצע החשמלאי את העבירות הבאות :

1. ביטל מפסק זרם ראשי למתקן דבר הנוגד את תקנה 34(א)2 של תקנות החשמל (כללים להתקנת לוח חות במתח נמוך) קובץ תקנות 3531 מ-25.5.76.
2. השתמש שימוש בלתי חוקי בחשמל – תוך ניצול חיבור גדול יותר מאשר 25A שעבורו שולם בהזמנת החיבור (שב"ח יחידות).

עקב התקנה זו איבד הצרכן למעשה את הגנת הגבוי (Back-up protection) למפסק הזרם האוטומטי הזעיר הראשי, והסתמך על נתון 32A בלבד של חברת החשמל עם כל המשתמע מכך.

המסקנה: לאור דוגמה זו נראה לי שהתקנת דוד לחימום מים מייד גורדת את הצרכן בעל הבור סטנדרטי מיועדי 1x25A להוצאה גבוהה ביותר, כלומר: הגדלת החיבור מ-25A ל-3x25A, דהיינו תשלום בסך כ-30,000 ש"י עבור 6 יחידות נוספות בתוספת שינויים בלוח והתקנת מעגל נוסף.

תרשים מתקן הצרכן (כפי שנומצא בבדיקה אצל הצרכן)



אחד מצרכני החשמל הביתיים פנה למשרד האנרגיה והתשתית כמוצא אחרון לאחר שאף אחד מהחשמלאים אליהם פנה לא יכול היה לאתר את הסיבה להפסקות חשמל תכופות שנגרמו במתקן החשמל שלו על ידי מפסק מגן נגד התחשמלות הפועל בורם דלף.

הצרכן בפנייתו פרט את העובדות הבאות :

- רוב הפסקות הזרם של מפסק המגן נגרמו בזמן סעי' רות ברקים.
 - למרות החלפת מספר מפסקי מגן מתוצרת יצרנים שונים, התנהגו כולם בצורה זהה.
 - אחד מהחשמלאים שניסה לגלות את הסיבות לתופעה הבלתי מובנת בדק את תקינות מערכת ההארקה, אך לא גילה דבר.
- בזמן הבדיקה במקום, שנעשתה לצרכן לפניו משרות הדין, במטרה ללמוד את התנהגותם של מפסקי מגן בתנאים חריגים, נמסרו על ידי הצרכן העובדות הנוספות הבאות :

1. דירת הצרכן נבנתה לפני כ-4 שנים.
2. ברוב הדירות באותו בנין רב-קומות מותקנים מפסקי מגן מתוצרת יצרנים שונים והם בדרך כלל אינם גורמים להפסקות חשמל כפי שקרה אצל המתלונן.
3. לאחר כל הפסקת חשמל שנגרמה על ידי פעולת מפסק המגן היה קושי מסוים בחיבורו מחדש (המי' פסק לא התחבר בדרך כלל בנסיון הראשון).

בבדיקת המתקן התגלתה מייד סיבת התקלה – שהי' תה בידוד ירוד ברמה של 10KΩ בדוד לחימום מים מייד (בהספק 5kW).

תרשים המתקן בדירת הצרכן מתואר באיור.

לאור העובדה שהדוד לחימום מים מייד היה מחובר ללא מפסק דריקוטבי כפי שנדרש בתקנה 31 של תקנות חשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך) – קובץ התקנות 4036 מ-21.10.79 היה גורם כלול חולף של מתח יתר לזרם דלף לאדמה דרך הבידוד המוחלש של הדוד כפי שנראה בברור באיור.

אין חשיבות אם נוף החמום של הדוד מופעל או לא מאחר ואמצעי הבקרה של הדוד (מפסק לחץ וטרמור סטט) הם חד קוטביים. עליו לציין שהמקום המוחלש בבידוד הדוד היווה לגבי יתר הצרכנים בבית, המצויי' דים במפסקי מגן, כ"מגן ברק", יפרק לאדמה את גלי המתח החולפים, לכן לא נגרמו אצלם הפסקות חשמל על ידי מפסקי המגן שלהם.

לאחר ניתוק הדוד מהמתקן החשמלי באו על פתרון כל הבעיות המפורטות בתחילת המאמר.

עליו לציין שבהמשך הבדיקה התגלו לקויים נוספים במתקן, שהם פועל יוצא מהתקנת הדוד לחימום מים מייד בהספק של 5kW שהוא גדול מידי לגבי חיבור סטנדרטי חדי-מופעלי של 25A.

לא קשה לחשב שהדוד עצמו, בזמן הפעלתו, צורך 22A בו בזמן שלצרכן היו מכשירי חשמל רבים בעלי הספק גבוה כגון :

תנור אפיה, מכונת כביסה אוטומטית, מוגן, דוד מים חמים רגיל, מקרר (No Frost) שהספקם הכולל עולה על גודל החיבור הסטנדרטי.

• במחירים עדכניים למדד ינואר 1984

אינג' ו. זיס – מנהל עיני החשמל, משרד האנרגיה והתשתית.

הארקה באמצעות מערכת אלקטרודות לאדמה

אינג' א. י. איציקוביץ

הארקה היא חיבור למסה הכללית של האדמה.

האדמה משמשת כמוליך חשמלי מצוין ובעלת קיבולת חשמלית גדולה מאד, כך שאפשר לראותה כבעלת פוטנציאל חשמלי קבוע. הפוטנציאל הקבוע של האדמה מסומן באפס.

אם קיים במתקן חשמלי חיבור לאדמה ומתקבל על ידי כך מעגל חשמלי סגור, זירום דרך מעגל זה זרם, המהווה פחת של אנרגיה, שאינה מביאה כל תועלת. להיפך: במידה שזרם זה גדול, גדלה הסכנה שבו ועלול להגרם על ידו נזק למתקן או לאדם שדרכו הוא עובר. לכן, נהוג לבדוד את חלקי המעגל החשמלי שקיים מתח בינו לבין האדמה, מכל מגע עם האדמה או עם גופים הנמצאים במגע ביניהם. בידוד זה, חייב להמצא תמיד במצב תקין.

נזק או קילקול באיכות הבידוד בין חלקי המתקן הנמצאים תחת מתח ובין גוף המתקן עלול להעמיד את כל המתקן ואת המטפלים בו במצב מסוכן.

בדרך כלל, מערכת ההארקה מורכבת ממוליכי הארקה, אלקטרודה או מספר אלקטרודות והחיבורים ביניהם.

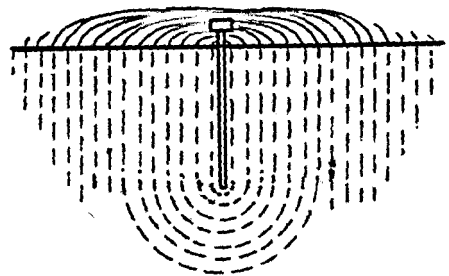
אלקטרודת הארקה, היא מוליך הנמצא במגע טוב עם המסה הכללית של האדמה, ישירות או דרך הבטון של יסוד המבנה, בין שהוא יחיד ובין שהוא מורכב ממספר גופים המחוברים ביניהם, על ידי מוליך מתאים.

חלוקת הזרמים מסביב האלקטרודה

תופעת העברת הזרם לאדמה, נראית בציר 1, המראה העברת הזרם דרך אלקטרודה הטמונה באדמה. צפיפות הזרם סביב האלקטרודה גדולה. הצפיפות קטנה ויורדת עד לאפס, כאשר המרחק הוא כ-20 מטר מהאלקטרודה, וזאת מאחר והעברת הזרם לאדמה מתבצעת בשטח אדמה גדול יחסית.

ציר 1

פיזור הזרם מסביב לאלקטרודה להארקה



ההתנגדות הסגולית של הקרקע

ההתנגדות הסגולית (ρ) של הקרקע, זוהי התנגדות חשמלית המתייחסת לקוביה של קרקע מסוג מסויים, אשר אורכה 1 ס"מ ושטח החתך שלה 1 ס"מ².

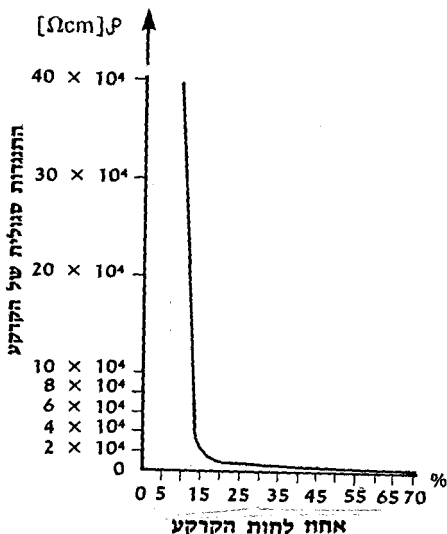
ההתנגדות הסגולית של הקרקע מושפעת מהגורמים הבאים:

אינג' א. י. איציקוביץ — ראש מדור במחלקת תכנון, מצוף, חברת החשמל.

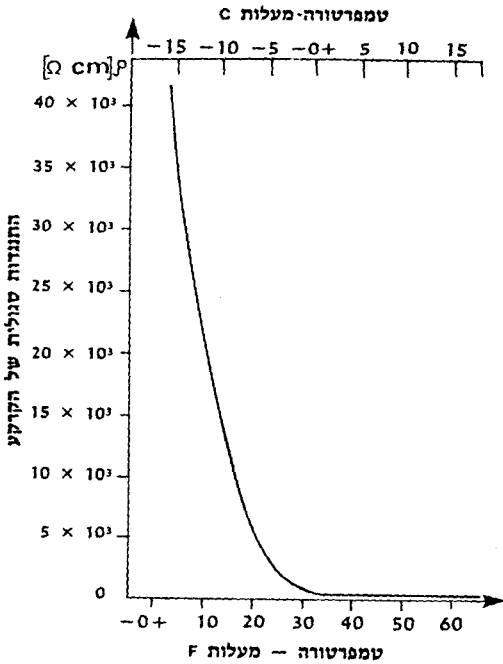
- **לחות הקרקע** (כמות המים הספוגה באדמה). ציר 2 מראה את שינוי ההתנגדות הסגולית — כתלות בלחות הקרקע. בציר 2 רואים שירידת ההתנגדות הסגולית של הקרקע בלחות שעד 20%, היא משמעותית. כאשר הלחות עולה על 20%, ההתנגדות יורדת במידה קטנה יותר.

ציר 2

שוני ההתנגדות הסגולית כמונקציה של לחות הקרקע



ציור 4
ההשתנות הסגולית של הקרקע כתלות
בטמפרטורה



סוגי הקרקע בישראל והתנגדותם הסגולית
בטבלה 1 מצויינים ערכי ההתנגדות הסגולית כפי שנמדדו בחלקי הארץ השונים

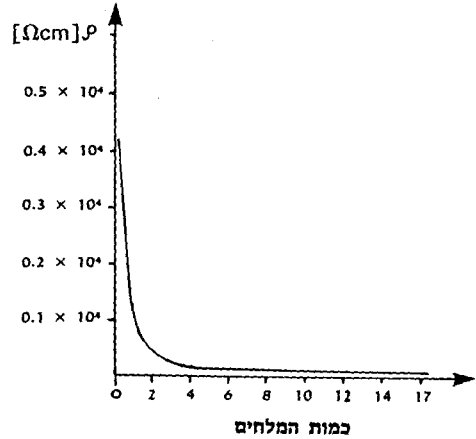
טבלה 1

| ההתנגדות הסגולית Ωm | סוגי הקרקע (בהתאם לאזור) |
|-----------------------------|--------------------------|
| 200 - 1000 | אדמה חולית יבשה |
| 30 - 120 | אדמה חקלאית קלה |
| 15 - 18 | אדמת לס בנגב |
| 8 - 1000 | אדמה בערבה |
| 4 - 30 | אדמה כבדה |
| 20 - 500 | אדמה באזור הרי הגליל |
| 100 - 1000 | אדמה באזור הרי ירושלים |
| 18 - 100 | אדמה באזור הררי בנגב |
| ∞ | אדמה סלעית בגולן |

על סמך נתונים אלו, בגלל אי-אחידות (אי הומוגניות) של הקרקע בכיוון אופקי וגם בכיוון אנכי, הגיעו למסקנה שלא ניתן להכין מפה שימושית של ההתנגדות הסגולית בארץ, בהתאם לאזורים השונים. (ברוב המקרים קיים מצב בו ההתנגדות הסגולית של הקרקע אינה זהה, בנקודות שונות אפילו באותו אתר בו מבוצע מתקן ההאקוה).

■ אחת המלחים והחומצות הנמצאים בקרקע - ציור 3 מצביע על השתנות ההתנגדות הסגולית כתלות בכמות המלחים והחומצות הנמצאים באדמה. העקומה מבליטה את העובדה שההתנגדות הסגולית יורדת במהירות כאשר כמות המלחים והחומצות מגיעה ל-4%. מעבר לכך ההתנגדות הסגולית כמעט ואינה יורדת או שהירידה היא קטנה מאד.

ציור 3
סוגי ההתנגדות הסגולית של הקרקע כתלות בכמות המלחים והחומצות



■ טמפרטורות הקרקע - ציור 4, מראה כי ההתנגדות הסגולית של הקרקע קטנה עם עליית הטמפרטורה. ההתנגדות הסגולית נמצאת ביחס הפוך לטמפרטורה, עד לגובה בו מתחילה הקרקע לאבד את הלחות היחסית שלה.

הסיבות לירידת הלחות הן:

- התאדות המים בקיץ, מסביב לאלקטרודה, הנובעת מהעברת זרמים גדולים בזמן ממושך לאדמה.
- כאשר הקרקע קופאת, ההתנגדות הסגולית שלה גדלה מאד, דבר זה ניתן למנוע על ידי פיזור מלחים. הפיתרון לכל הבעיות הוא הרכבת אלקטרודות בעומק, ועל ידי כך נמנעת התאדות הלחות של הקרקע בעונת הקיץ.

■ המבנה הגיאולוגי של הקרקע, נקבע על ידי:

- הצורה וכיוון החלקיקים המינרליים הנמצאים באדמה,
- הלחץ וכיוון השכבות,
- מבנה המחצבים,
- חדירות (Permeability) השכבות השונות.

כאשר נלקחים בחשבון כל הגורמים, נמצא כי גודל ערך ההתנגדות הסגולית של הקרקע הוא גדול יותר מהערך המדוד של ההתנגדות.

את ההתנגדות הסגולית של הקרקע ניתן לחשב לפי הנוסחה:

$$\rho = 2\pi aR$$

כאשר:

- R - הערך הנמדד בעזרת מגר לאדמה.
- a - המירווח בין אלקטרודות העזר למדידה

אמצעים להקטנת ההתנגדות הסגולית של הקרקע

קיימים מקרים שקיים צורך בטיפול מלאכותי, על מנת לשפר את ההתנגדות הסגולית של הקרקע שבה מורכבת האלקטרודה.

האמצעים להקטנת ההתנגדות הסגולית של הקרקע מתבססים על העיקרון שההתנגדות הגדולה ביותר של מערכת ההארקה נמצאת בקרבת האלקטרודה, לכן גם הטיפול בקרקע צריך להיות רק בקרבת האלקטרודה. שיפור מלאכותי של הקרקע ניתן לביצוע באחת מהדרכים הבאות:

■ **החלפת הקרקע** הקיימת סביב האלקטרודה, בקרקע אחרת שיש לה התנגדות סגולית קטנה יותר. האדמה המוחלפת צריכה להיות מסוג חרסית או חמרה, שיש להם תכונות לספוג ולשמור על הרטיבות.

■ **השקיית הקרקע** ברדיוס של 0.5 מטר לכל אורכה של האלקטרודה. יש לשמור על רטיבות מתמדת של הקרקע ברדיוס זה.

■ **הוספת תמיסות מלחים** בתוך האלקטרודה אשר בקירותיה מותקנים חורים, ובכך נשמרת הרטיבות בסביבות האלקטרודה.

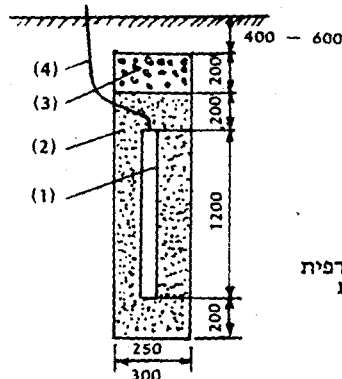
ניתן להשתמש באחד מהמלחים הבאים: נתון כל-רי - מלח (NaCl), מגנזיום גפריתי (MgSO₄) ונחושת גפרית (CuSO₄).

הפיתרון הזול ביותר הוא, הוספת מלח (NaCl) בכמות של לא יותר מ-4% -3 ממשקל האדמה המשריפת, ועל ידי כך נשמרת באדמה לחות של 20%. כל אחוז נוסף של מלח לא מביא להקטנה משמעותית של ההתנגדות הסגולית של הקרקע.

■ **עטימת האלקטרודה על ידי שכבת פחם** (כמו באלקטרודה אנטיקורוזיבית, ציור 5). שיטה זו היא יקרה מאד ולכן אינה כלכלית.

ציור 5

אלקטרודה אנטיקורוזיבית



מקרא:

1. אלקטרודה מגרפית
2. אבקה גפריתית
3. חצץ
4. כבל

יציבות תרמית של חיבורים לאדמה

צפיפות גדולה של הזרמים, מביאה להגדלת טמפרטורת הקרקע בקירבת האלקטרודה. הטמפרטורה חייבת להיות פחות מ-100°C והואיל ובמקרה זה תהיה התאדות מהירה מידי של המים באדמה, וכתוצאה מכך תגדל במידה ניכרת ההתנגדות הסגולית של הקרקע והגדלת ההתנגדות. של מתקן הארקה כולו.

חשוב מאד להבטיח יציבות תרמית של חיבורי האדמה בשעת תכנון מתקנים דרכם עוברים זרמים גדולים. את היציבות התרמית ניתן לחשב בעזרת הנוסחה הבאות:

א. במקרה והעברת הזרמים הגדולים נעשית בזמן קצר מאד (סדר גודל של שניות)

$$I \leq S \sqrt{\frac{C \Delta \theta}{\rho \cdot t}}$$

כאשר:

- [A] I - זרם העובר דרך חיבור לאדמה
 - [m²] S - שטח החיבור הבא במגע עם הקרקע
 - [WS/°Cm²] C - חום סגולי ממוצע באדמה
 - [WS/°Cm²] C = 1.7 · 10⁶ - התנגדות סגולית של הקרקע
 - [Ω.m] ρ - זמן העברת הזרם
 - [sec] t - במקרה והעברת הזרמים נעשית תוך פרקי זמן ממושכים
- $$U_p = R_p I_p \leq \sqrt{2 \rho \lambda c}$$

כאשר:

- R_p - התנגדות החיבור לאדמה [Ω]
- I_p - זרם העובר דרך חיבור לאדמה [A]
- λ - מוליכות תרמית ממוצעת של האדמה
- λ = 1.2 w/°C.m

אלקטרודות במקביל

במקומות בהם אלקטרודות הארקה בודדת אינה נותנת הארקה טובה, נוהגים להחזיר אלקטרודות נוספות במרחקים קבועים ביניהם ולחברם זו לזו במוליך. כך נוצרת רשת אלקטרודות המכסה שטח קרקע. ציור 6 מראה העברת זרם דרך שתי אלקטרודות דומות, הנמצאות באדמה מסוג אחיד ובמרחק גול ביניהם. בציור זה מסומנים בקווים מרוסקים קווי הזרם, ובקווים מלאים - קווים שיש להם אותו פוטנציאל.

גם כאן, (כמו באלקטרודה הבודדת) רואים שצפיפות הזרם גדולה סביב לאלקטרודות והצפיפות קטנה וירידת עד לאפס במידה ומתרחקים מהאלקטרודה.

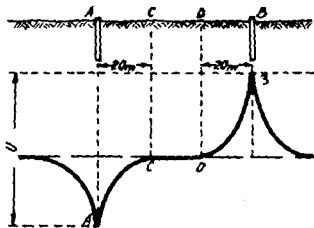
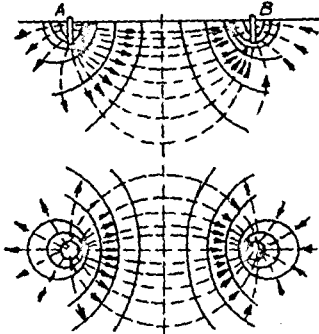
לאלקטרודות המחוברות במקביל קיים חיסרון של השפעה הדדית בין האלקטרודות, דבר המונע ניצול מלא של האלקטרודות.

מקדם הניצולות תלוי ביחס המרחק בין האלקטרודות a לאורך האלקטרודה l. ככל שיחס זה גדול יותר מקדם הניצול טוב יותר. בדרך כלל רצוי שהיחס יהיה לפחות

$$\frac{a}{l} > 2$$

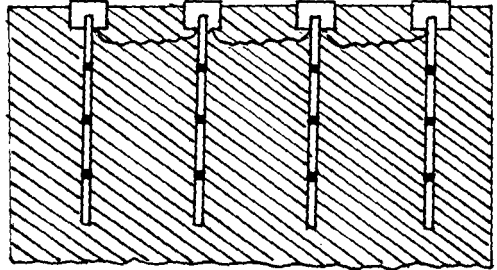
ציור 6

צפיפות הזרם באדמה כאשר טמונות בה שתי אלקטרודות.



יתרון האלקטרודות המחוברות במקביל הוא, שזרם קצר גבוה מתחלק בין כמה אלקטרודות (ציר 7).

ציר מס' 7
אלקטרודות במקביל



חומרים המשמשים לבניית אלקטרודות

החומרים מהם מורכבת מערכת הארקה חייבים לעמוד בכל התנאים החיצוניים המצופים, לרבות קורוזיה, ולהיות מוגנים בפניהם על ידי הגנה מכנית מספקת. האלקטרודות עשויות מחומרים בעלי מוליכות גבוהה ובעלת התנגדות גדולה בפני קורוזיה.

הסיבות לקורוזיה של מתכות הנמצאות בתוך הקרקע הן:

- ההרכב הכימי וריכוז המלחים הקורוזיביים בקרקע.
- תאים גלבניים שנוצרים על ידי אלקטרודות ממתכות שונות המחוברות באופו חשמלי.
- זרמי פחת DC הקיימים בקרקע.

בדרך כלל השפעת ההרכב הכימי וריכוזם בקרקע, נמוכה מאוד ולכן גורם זה אינו משפיע בהרבה על משך החיים המצופה של מערכת האלקטרודות. חשיבות רבה נודעת למקרה בהם אלקטרודות הארקה יוצרות תאים גלבניים עם אלקטרודות הארקה אחרות (ציוור פלדה, מבנים מתכתיים תת־קרקעיים או יסודות של בניינים), כאשר קיים חיבור חשמלי ביניהם.

ניתן לומר כי הבידוד החשמלי בין האלקטרודות השור נות אינו מהווה פיתרון למניעת זרק קורוזיבי. הפיתרון היחידי לבעיית הקורוזיה הוא בחירת אלקטרודות מתאימות והתקנתן הנוכח.

החומרים מהם עשוים האלקטרודות הם בעלי מוליכות גבוהה וההנגדות גדולה נגד קורוזיה. מימדיהם הסגוליים ואופן התקנתם יבטיחו לאלקטרודה אריכות ימים. החומרים המקובלים הם בדרך כלל: נחושת, פלדה, ברזל יצוק או מוליך אחר.

בקרקע בעלת תכונות קורוזיביות גבוהות אין להשתמש בפלדה, פלדה מגולבנת או ברזל יצוק. במקרים אלו יש צורך לעטוף את האלקטרודה בשכבת הגנה בפני קורוזיה.

שכבת ההגנה צריכה להתאים לתנאים הבאים:

- השכבה תהיה ממתכת בעלת מוליכות חשמלית.
- השכבה תהיה מסוגלת לעמוד בתגובות אלקטרוכימיות.
- עובי השכבה יהיה קטן.

סוגי אלקטרודות הארקה

אלקטרודות הארקה יכולות להיות מהסוגים הבאים או מצירופיהם: מוטות או ציוור; פסים או תילים; לוחות; ארקה יסוד; ציוורות מתכתיים לאספקת מים; מבנים מתכתיים תת־קרקעיים.

ניתן לחלק את האלקטרודות:

מבחינת מבניהן:

- אלקטרודות הארקה טבעיות כגון: ציוורות מים, מעטפת שריון של כבלים תת־קרקעיים, מבנים מתכתיים תת־קרקעיים וכו'.
- אלקטרודות הארקה מלאכותיות כגון: מוטות, פסים, לוחות, וכו'.

מבחינת צורת הרכבתם:

- אלקטרודות על פני הקרקע - אלקטרודות אופק יות כגון: ציוורות מים, פסים, לוחות וכו'.
- אלקטרודות לעומק - אלקטרודות אנכיות כגון: מוטות, ציוורות, מבנים מתכתיים תת־קרקעיים וכו'.

בזמן ההתקנה יש להתחשב בבעיות מנהליות הקיימות ביחס לציוורות מים וכבלים שמקורן באפשרות להחליף פתן, בכדי להמנע מבעיות אלה, יש להגיע להסכם בר דון עם בעלי ציוורות המים או הכבלים.

חישוב והתאמת מידות החיבורים לאדמה

חישוב והתאמת מידות האלקטרודות לכל מקרה ומקרה בפני עצמו מהווה בעיה קשה במיוחד, הואיל ויש לקחת בחשבון גורמים רבים, כגון:

- המבנה הגאומטרי של הקרקע ומידות האלקטרודות,
- צורת ההנחה בקרקע,
- עומק הטמנת האלקטרודה בקרקע,
- התכונות החשמליות של הקרקע,
- התדירות ועוצמת הזרמים העוברים באדמה,
- היציבות התרמית והדינמית וכו'.

בגלל ריבוי גורמים אלו, קשה ולפעמים בלתי אפשרי לחשב במדויק את מתקן הארקה לאדמה.

בטבלה 2 מסומנות נוסחאות לחישוב התנגדות האלקטרודה (R_p) והפוטנציאל (U_k) הקיים בנקודה כלשהי על הקרקע, עבור צורות שונות של אלקטרודות.

בטבלה 3 מפורטות המידות המינימליות של האלקטרודה.

בדיקת מתקני החיבור לאדמה

מתקני החיבור לאדמה מתפקדים רק אם הם מוחזקים במצב טוב. לכן מוכרחים לבדוקם באופן יסודי על ידי צוות המיזמן בסוג עבודה זה.

הבדיקות הצריכות להתבצע הן:

- בדיקה מכנית של כל מרכיבי המתקן לאדמה ובאר פן מיוחד מצב הקורוזיה שלהם.
 - בדיקה חשמלית המתבצעת בעזרת מדידות.
 - בדיקת הפעלת מכשיר הגנה.
- לאחר הבדיקות יש צורך לרשום את התוצאות בכרטיסת שצריכה לכלול:

סוג האלקטרודות, תאריך ותוצאות הבדיקה, מזג האוויר בזמן ביצוע הבדיקות, מרחק בין חיבור לאדמה לבין אלקטרודת העזר, המכשירים ששימשו לבדיקות, תקלות שהתגלו והתאריך לתיקונים.

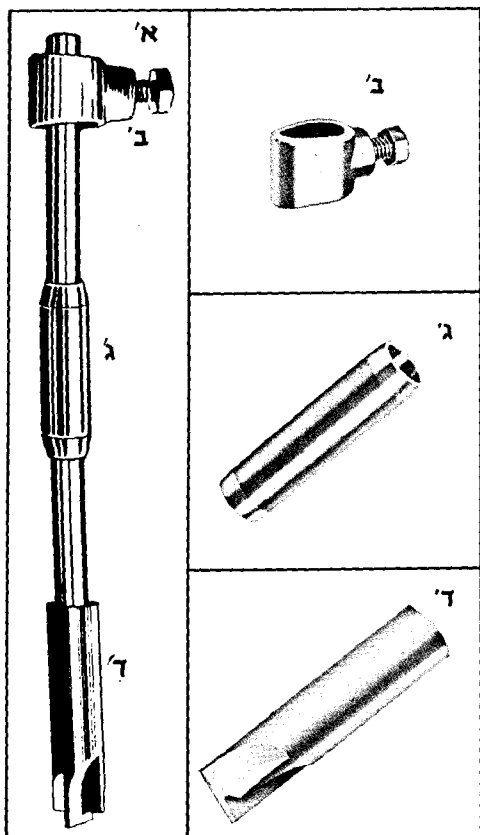
טבלה 2
נוסחאות לחישוב התנגדות האלקטרודה

| נוסחאות | שרטוט | שם האלקטרודה | |
|---|-------|--|----|
| $R_p = \frac{\rho}{2\pi r}$ $U_k = \frac{\rho I_p}{2\pi R} \quad R = OK > r$ | | אלקטרודה חצי כדורית שנמצאת במפלס האדמה. | 1 |
| $R_p = \frac{\rho}{4\pi r} \left(1 + \frac{r}{2t}\right)$ $U_k = \frac{\rho I_p}{2\pi z} \quad z = OK$ | | אלקטרודה כדורית טמונה באדמה בעומק t. | 2 |
| $R_p = \frac{\rho}{4\sqrt{\frac{s}{\pi}}}$ | | אלקטרודה עשויה מלוח מתכתי טמונה בצורה אופקית. | 3 |
| $R_p = \frac{\rho}{\pi \ell} \ell_n \frac{\ell}{r}$ $U_k = \frac{\rho I_p}{2\pi \ell} \ell_n \frac{z + \ell/2}{z - \ell/2}$ $z = OK$ | | אלקטרודה בצורת חצי צינור טמונה אופקית במפלס האדמה. | 4 |
| $R_p = \frac{\rho}{2\pi \ell} \ell_n \frac{2\ell}{r}$ $U_k = \frac{\rho I_p}{2\pi \ell} \ell_n \frac{2\ell}{z}$ $z = OK$ | | צינור טמון בקרקע, בצורה אנכית, שהחלקו העליון נמצא במפלס כמו הקרקע. | 5 |
| $R_p = \frac{\rho}{2\pi \ell} \left[\ell_n \frac{\ell}{r} + \frac{1}{2} \ell_n \frac{4t+1}{4t-1} \right]$ $U_k = \frac{\rho I_p}{2\pi \ell} \ell_n \frac{z + \ell/2}{z - \ell/2}$ $z = OK$ | | צינור טמון בקרקע בצורה אנכית ובעומק t. | 6 |
| $R_p = \frac{\rho}{8\sqrt{\frac{s}{\pi}}} \left[1 + \frac{2}{\pi} \arcsin \sqrt{\frac{\frac{s}{\pi}}{4t^2 + \frac{s}{\pi}}} \right]$ | | אלקטרודה עשויה מלוח מתכתי טמונה אנכית בעומק t. | 7 |
| $R_p = \frac{\rho}{2\pi \ell} \ell_n \frac{\ell^2}{2tr}$ $U_k = \frac{\rho I_p}{2\pi \ell} \ell_n \frac{z + \ell/2}{z - \ell/2}$ $z = OK$ | | צינור מותקן בצורה אופקית בעומק t. | 8 |
| $R_p = \frac{\rho}{2\pi \ell} \ell_n \frac{2\ell^2}{tb}$ $U_k = \frac{\rho I_p}{2\pi \ell} \ell_n \frac{z + \ell/2}{z - \ell/2}$ $z = OK$ | | מוט מותקן בצורה אופקית בעומק t. | 9 |
| $R_p = \frac{\rho}{\pi \ell} \ell_n \frac{4\ell}{\pi}$ $\ell = \pi D$ | | טבעת מותקנת בצורה אופקית במפלס הקרקע. | 10 |
| $R_p = \frac{\rho}{2\pi \ell} \ell_n \frac{2\ell^2}{\pi r}$ $\ell = \pi D$ | | טבעת מותקנת בצורה אופקית בעומק t. | 11 |

המידות המינימליות של האלקטרודה
 (בהתאם להצעה של תקנות החשמל - הארקות ושיטות הגנה נגד חישמול במחח עד 1000 וולט)

| צורת האלקטרודה | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------|------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------|------------------|
| צינור | | מוט | | | חיל | | | פס | | | לוח | | החומר | | | | | |
| אופן התקנה | אורך (מטר) | עובי הרפוף (מ"מ) | קוטר חיצוני (מ"מ) | אופן התקנה | אורך (מטר) | קוטר (מ"מ) | אופן התקנה | אורך (מטר) | קוטר (מ"מ) | חצר (ממ"ר) | אופן התקנה | אורך (מטר) | רוחב (מ"מ) | עובי (מ"מ) | אופן התקנה | עובי (מ"מ) | שטח מגע חדי צדדי (מ"ר) | |
| - | - | - | - | אנכי | 2 | 12.5 | אופקי | 10 | 2.5 | 35 | אופקי | 10 | 25 | 2 | אנכי | 1.5 | 0.5 | נחושת |
| - | 2 | 3.25 | 33.5 | אנכי | 2 | 20 | אופקי | 10 | 3 | 70 | אופקי | 10 | 25 | 4 | אנכי | 3 | 0.5 | פלדה מגולבנת |
| - | - | - | - | אנכי | 2 | 12.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | פלדה מצופה נחושת |

ציור 8
 תאור כללי של מוט הארקה מנחושת



תאור כללי של מוטות ההארקה

מוטות הארקה משמשים להארקת מתקני חשמל, מגרי ני ברק, הארקה סטטית וכו'.

מוטות הארקה (ציור 8א)
 המוט מיוצר מגרעין פלדה בתוך מעטה נחושת. מעטה הנחושת הינו בעל מוליכות חשמלית גבוהה וע"י מיד בתנאי קורוזיה קשים.

המוט מסופק באורכים של 1.50 עד 3.00 מטר.

מהדק טבעת (ציור 8ב)
 מהדק טבעת מיועד לחיבור מוליך ההארקה של המת"ן החשמלי למוט הארקה. מהדק הטבעת מיוצר מפלז' מיוחד ובנוי כך שיחבר חוט בעל חתך זהה, לחתך מעטה הנחושת של מוט הארקה.

מצמד (ציור 8ג)
 המצמד מיועד לחיבור 2 מוטות הארקה זה לזה. פנים שטח המצמד הינו בצורה קונית, כך שחיבור 2 מוטות הארקה, מבוצע בין רגע. יתרון החיבור הקוני הינו בכך שהוא מבטיח שטחי מגע גדולים. המצמדים מיוצרים מפלז' מיוחד בעל חזק מכני גבוה ומוליכות חשמלית טובה.

ראש קידוח סובב (ציור 8ד)
 ראש הקידוח הסובב מיועד להחדרה מהירה של מוטות ההארקה לקרקע. ראש הקידוח הסובב מולבש על מוט ההארקה המוחדרת לקרקע על ידי מכות פטיש הגורר מות לסיבוב ראש הקידוח בתוך הקרקע. לשיטה זאת היתרונות הבאים:

- ניתן לחדור לעומק רב יותר בקרקע מאשר בשיטות ללא ראש קידוח סובב.
- החדירה לתוך הקרקע מהירה יותר משיטות אחרות.
- ניתן לחדור לקרקע בכל זווית רצויה ולאן דוקא בז'ית ישרה לפני הקרקע. ראש הקידוח הסובב יפלט דרכו בקרקע בכל זווית רצויה.

סיכום

תכנון מערכת הארקה מחייב ידע מקיף על תכונות הקרקע והתנגדותה הסגולית החשמלית.

השפעת התאורה הפלואורסצנטית על סרטן העור (SKIN CANCER) והמלנומה הממאירה (MALIGNANT MELANOMA)

פרופ' ד"ר ל.ר. רונצ'י ופרופ' ד"ר ה.ג. בודמן

השאלה היא האם חשיפה לתאורה פלואורסצנטית יכולה להוות גורם סיכון אשר יגרום להתפתחותו של סרטן עור. המסקנות הן שאין כל עדות התומכת באפשרות זו והקושרת את ההארה הפלואורסצנטית לסרטן העור או מלנומה ממאירה. ראוי לציין שלגבי המלנומה הממאירה להבדיל מסרטן העור המקובל, אין עדיין מידע מדויק על המכונים והגורמים להיווצרותה והתפתחותה ולכן אין לייחס חשד דווקא לתאורה הפלואורסצנטית כגורם או מזרז הופעתה של מחלה זו.

הצגת הבעיה

הזכוכית ממנה עשויה השופרת הפלואורסצנטית קול-טת חלק גדול מאד מהקרינה האולטרה סגולית ובאופן מעשי אין כלל פליטה של האור האולטרה סגולי בת-חום UV-B - כלומר מתחת לארכי גל של 315nm (נומטר).

בתחום ארכי גל גדולים יותר (UV-A) ישנם שני תחומים נוספים ב" 334nm ו" 365nm אשר יוצרים יחד שדה של כ" 100mW על שטח פנים של 1000 לוקס. חשוב להדגיש שאותה רמת האורה כאשר היא טבעית ונובעת מאור היום מכילה כמות גדולה בהרבה של קרינה אולטרה סגולית בהשוואה לתאורה הפלואורסצנטית.

פרט מענין נוסף הוא שברמת הארה רגילה של אור יום טבעי בעוצמה שמעל 100,000 לוקס, חשיפת האדם לקרינה האולטרה סגולית נגובה פי 3 מאשר מתאורה פלואורסצנטית רגילה. כידוע מחייב השימוש בנורה הפלואורסצנטית גוף תאורה מתאים אשר ימנע הן את הסינוור הנובע מהנורה והן את פיזור האור לצדדים - חשוב לדעת שחלק גדול מסה"כ הקרינה האולטרה סגולית הנפלט מהנורה - נספג על ידי גוף התאורה. כמות הקרינה שתיספג תלויה במבנה גוף התאורה ובסוגי החומרים מהם הוא עשוי. החשיפה לאור השמש מפתחת בעור גוף האדם מעין הגנה עצמית בפני שיוף וצריבה, יחד עם זאת חשיפה לפרקי זמן ארוכים לקרינה אולטרה סגולית (ULTRA VIOLET) ובמיוחד לקרינה מסוג UV-B (UV-B VIOLET) - יכולה לגרום לסרטן העור אשר מתפתח על שטח הגוף שנחשף לאותה קרינה. אנשים בעלי צבע עור בהיר רגישים יותר מאלה שצבע עורם כהה יותר, ועובדים הנמצאים רוב שעות היום בחוץ - באור השמש, רגישים ופגיעים יותר מאלה העובדים בתנאי פנים (משרדים, בתי מלאכה וכו').

היות ופליטת הקרינה האולטרה סגולית של נורת הפלואורסצנט היא כאמור נמוכה ביותר, אין למעשה סיכון כלשהו בקרינה זו, והסיכוי לחלות בגין קרינה זו בסרטן העור הוא אפסי. לדוגמא, אדם המבלה סוף שבוע בחיק הטבע סיכויו לספוג קרינה אולטרה סגולית מהשמש, גדולים בהרבה מאשר אילו עבד במשרד מתחת לתאורה פלואורסצנטית - והרי ידוע שאין סכנה לחלות בסרטן העור מבלייז סוף שבוע בחיק הטבע.

השוואה לידע העור, שונה המצב בכל הקשור למלנומה מה ממאירה המתבטאת בכתמים חומים על העור ההולכים ומתפשטים (כתמים פיגמנטיים). חשוב לציין שב"כ 20-30 השנים האחרונות אנו עדים לעליה מתמדת של כ"כ 10%-15% לשנה בנפגעי מחלה זו. הנפוצה דווקא יותר בין העובדים בתנאי פנים (בנינים) ולא בחוץ, כן נפוצה מחלה זו יותר בין אנשים צעירים ונשים.

(המשך בעמוד 20)

מפעם לפעם עולה בספרות הרפואית השאלה האם התאורה הפלואורסצנטית יכולה להוות סיכון הגורם לסרטן. כתבות ומאמרים בעתונות העלו לא פעם את דאגת הציבור מהקשר זה בין תאורה פלואורסצנטית וסרטן העור. ברור שהציבור העובד אשר מדרך הטבע חשוף לתאורה פלואורסצנטית וכן שלטונות הבריאות יחד עם התעשייה העוסקת בתאורה יהיו כמובן מודאי גים מאד מן האפשרות שתאורה כזו תהווה סיכון בריאותי וזאת נוכח העובדה ששטחי עבודה נרחבים במגזרי צרכנות שונים בכל העולם מוארים כיום בתאורה פלואורסצנטית.

הועדה הבינלאומית למאור CIE - (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION) שהיא גוף בינלאומי מוכר לתאורה ומאור, ערכה מחקר יסודי וממושך בעזרתם של מומחים מוכרים בתחום על הסכנות והתועלת שבקרינה האופטית. המסקנות המובאות להלן מבוססות על תוצאות מחקרים אלו, וכן על ספרות ענפה והתייעצויות עם מומחי רפואה בתחום מחלות העור ותופעות ביולוגיות אחרות. מומחי רפואה אלה הם בעצם הכתובת לכל אותם מקבלי החלטות אשר להם הם מהווים יועצים מקצועיים בכל הקשור בסיכונים לטווח ארוך (אם בכלל) הנובעים מהתאורה הפלואורסצנטית.

התאורה הפלואורסצנטית והשפעתה

התאורה הפלואורסצנטית הוכנסה לראשונה לשימוש לפני כ"כ 50 שנה והדבר נבע ממספר יתרונות בולטים: א. צריכת החשמל שלה היא כ"כ 20% בלבד בהשוואה לתאורת הליבון לשם הפקת אותו שטף אור.

ב. אורך החיים של הנורה הפלואורסצנטית גדול פי 10 בערך מנורת הליבון.

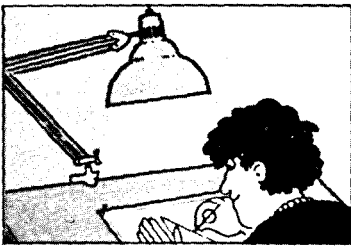
ג. נורת הפלואורסצנט ניתנת לייצור במספר גוונים של לבן ולבן "חם" כפי שמתבקש לעתים למטרות שונות ושטחי הארה שרצוי בהן גוון זה או אחר - דבר שכמעט ולא קיים בנורת הליבון.

הרכב ספקטרום הקרינה (האור) המופץ עלידי נורת הפלואורסצנט נוצר באמצעות אטומי הכספית המתפרקים בלחץ פריקה נמוך וציפוי הפוספור (PHOSPHOR) שעל המעטפת הפנימית של השופרת הפלואורסצנטית. הסוג והרכב של הפוספור קובעים את גוון האור המופץ מן הנורה.

למטרות הארה כלליות, נורות הפלואורסצנט הרגילות הן בעלות קרינה אולטרה סגולית (UV) נמוכה מאד בהשוואה לקרינה הטבעית הקיימת באור הטבעי.

פרופ' ל.ר. רונצ'י - יו"ר הועדה הטכנית של CIE
פרופ' ה.ג. בודמן - חבר הועד הפועל של CIE

* המאמר פורסם בבטאון CIE כרך 2 גיליון 2 מדצמבר 1983 ותורגם ע"י אריה זנגרק, עורך המשנה של "החקע המצדיע"



תאורה במקום העבודה*

מאת ד"ר אינג' האנס האנה

התאורה, כמו הרעש, החומרים המסוכנים והאקלים היא חלק מגורמי הסביבה הקיימים במקום העבודה. עם זאת נראה, שמערכת הכללים הקיימת לגבי תאורה במפעל עדיין אינה מוכרת במידה מספקת. לכן אנו מכיאים מאמר זה, שנכתב בידי מומחה בנושא התאורה ומקווים שהוא יסייע להחזיר את נושא התאורה הנכונה גם למפעלים בארץ.

המאמר מתייחס לתקנות ותקנים הקיימים בגרמניה המערבית. בארץ קיימים היום בנושא התקנים דלהלן:

ת"י 889 "מאור בבתי ספר", ת"י 890 "מאור בספריות", ות"י 933 "מאור משרדים".

התפתחות מערכת התקנות והתקנים בנושא "תאורה במקום העבודה"

התקנות והתקנים בגרמניה הקשורים בהנחיות מפעל-יות הינן בעלות אופי של חוק. מערכת התקנות מאפי שרת לערוך בדיקות מוקדמות תוך כדי טיפול במקור מות העבודה ותוך תשומת לב למקומות בעייתיים. מדידת התאורה וסיכום תוצאותיה, מאפשרת עיצוב התאורה בהתאם להנדסת אנוש ותורמת להקטנת סיכויי בריאות ותאונות.

עיון בתקנות ובתקנים מראה שהם מבוססים על התפתחות הידע המדעי, בעיקר בתחום מדעי העבודה ולטכניקת המאור. התקנות והתקנים הם פרי עבודה משותפת של מכון התקנים הגרמני ושל משרד העבודה הפדרלי.

מהי ההתקדמות בטכניקה ובמדע שאיפשרה לדייק במידה כה רבה בקביעת הדרישות לתאורה טובה?

* כבר בשנות ה-30 הגיעו למסקנות מדעיות, שבע בודות מקובלות דרושות עוצמות הארה בתחום של 200 עד 2000 לוקס.

* נצילות אור הנורות הוגדלה פי 20 מאז המצאת נורת הליבון לפני 100 שנה, והיא הוכפלה בשנים האחרונות בלבד.

* לאור-היום נודעת השפעה חיובית ללא תחליף על הרגשתו הטובה, הנפשית והגופנית, של האדם. אולם אור-היום אינו יציב ולא תמיד עומד לרשותנו, כך שיש להשלימו או אף להחליפו באור מלאכותי.

* עדיין לא נעשו מחקרים מדעיים רבים שמטרתם המפורשת היא בדיקת השפעת האור על האדם, אם כי נעשו צעדים בכיוון זה, בחקר עבודות ליד צגים (מרקעים), במפעלי פלדה ובמחקרי בטיחות כלליים.

יש לצפות, שמערכת התקנות והתקנים המוצגת במאמר זה, תושלם עם הצטברות ניסיון נוסף.

מתוך שיחות עם מתכננים, אדריכלים, אושי בטיחות, יועצי תעשייה ומעבידים מתברר, שמערכת התקנות והתקנים החדשים אינה מוכרת עדיין במידה רבה, למרות שלמעשה היא בתוקף מזה כמה שנים.

תוכן מערכת התקנות והתקנים לעיצוב התאורה במקום העבודה

מאחר שתקנות היסוד לתאורה טובה במקום העבודה מקיפות מאוד, מצטמצמת פקודת המפעלים בגרמניה בקביעת דרישות המינימום. התקנים נותנים בידי המבצעים את המידע המפורט לתרגום הדרישות לשפת המעשה.

אור-יום

התקנים הטכניים מתייחסים ראשית להשפעות הנפשיות והגופניות המוכרות של אור-היום על האדם.

* תורגם מגרמנית ופורסם כנסאון "בטיחות", דצמבר 1983.

ד"ר ה. האנה - מומחה בנושא תאורה, גרמניה המערבית.

ההשפעות הנפשיות של אור-היום על הרגשתו הנפשית והגופנית של האדם מתבססות על הנקודות דלהלן:

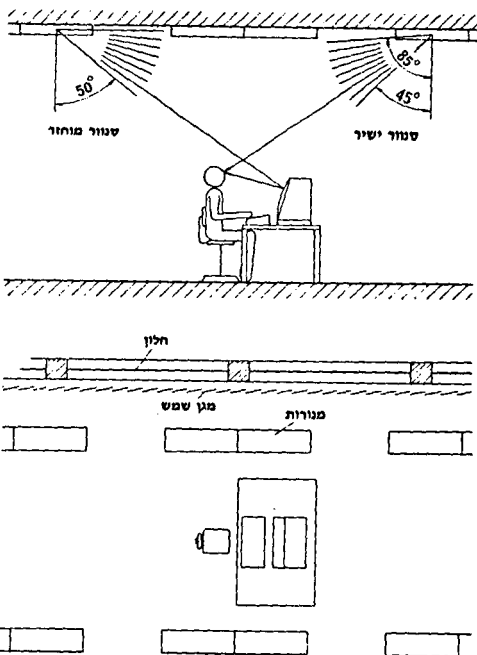
* אור-היום, על הרכב הצבעים שלו, הוא היסוד לר-איה ולאבחנת הצבעים של האדם.

* החילוף המחזורי של אור-חושך מסייע לקצב החיים היומי.

* לאור היום, יחד עם תופעות מטיאורולוגיות, נודעת השפעה חיובית, על רגישותו של האדם לאקלים.

איור 1

צמצום סינוור וסינוור נכון למקום עבודה ליד צג (מרקע).



לכן נקבע בחוק הגרמני, שמקומות העבודה (חדרי עבודה, מנוחה, כונונות, שכיבה ושירותים) צריכים לאפשר קשר עין עם הסביבה החיצונית.

בין השפעותיו הפיסיקליות של אור-היום צריך לכלול את תפקידו כמקור אור. צורה תקנית של חלונות ועיי צוב החדרים נועדו לאפשר תאורה בלתי מסנוורת, מוצי לחת ומחולקת באופן שווה. בניגוד לכתי מגורים

- רמת ההארה
- חלוקת הבהירות
- צמצום הסינוור
- כיוון האור והצל
- צבע האור וההזרת האור (ראה טבלה 2).

עוצמת ההארה

עוצמת ההארה במקום העבודה, יחד עם אמצעי הייצור ומרחב העבודה, קובעים את רמת התאורה. בעבר נהגו להתבסס בכל החישובים על עוצמת ההארה הנומינלית E_n בלוקסים, אשר הותאמה למאמץ הראייה הנדרש לביצוע התפקיד. בניגוד לכך, נותן התקן הגרמני החדש הנחיות חד-משמעיות וניתנות לביקורת בדבר עוצמת ההארה הנומינלית.

- * למקומות עבודה מאוישים בקביעות $E_n = 200$ לוקס.
- * העוצמה הנדרשת מפורטת לגבי 176 פעילויות וסו"גי אולמות, למשל (E_n בלוקסים):
משרדים המיועדים לפעילות באור יום 300 לוקס, משרדים 500 לוקס, שרטוט 750 לוקס, ריתוך 300 לוקס, חישול ויציקה 200 לוקס.
- * את ערך העוצמה הנומינלית יש להכפיל בגורם p בין 1.25 ל-1.67 בהתאם לזיהום הצפוי ותדירות הטיפול.
- * רציפות האור במקומות שונים באותו אולם מוגדרת על-ידי:
 $E_n \geq 0.8 E$ ממוצע
 $E_n \geq 0.6 E$ מזערי

חלוקת צפיפות ההארה

לחלוקה נכונה של צפיפות ההארה יש קשר ישיר עם הדרושה לרמת אור מספקת במקום העבודה. העין מתאימה את עצמה לרמת אור ממוצעת. הבדלים גודליים בחדות ראייה גורמים לשינוי, בעוד שהבדלים קטנים מדי יגרמו להרגשה חד-גונית. הבדלים היחסיים המומלצים בין שטח העבודה לבין השטח הסמוך והסביבה הם ביחס של 10:1-3, כאשר המקום הבהיר ביותר הוא שטח העבודה. משיגים זאת על-ידי בחירת המנורות ודגת החוזר רה מהשולחן, מהקירות, מהתקרה ומהרצפה. יש לקחת בחשבון, שדרגת החזרה תלויה גם בצבע.

טבלה 2

גורמי התאורה והשפעתם על מקום העבודה

| גורם טיב התאורה | השפעה על פריון וטעויות | דוגמאות לעיצוב לפי הנדסת אנוש |
|-------------------|---|--|
| עוצמת הארה | חדות ראייה, אבחנת ניגודים, מהירות תגובה | בחירה לפי תפקוד הראייה |
| חלוקת צפיפות | הסתגלות ואבחנת פרטים | בחירת המנורות, בחירת דרגות החוזר |
| מניעת סינוור | הסתגלות ואבחנת פרטים | הגבלת סינוור של המנורות, כוונת המנורה לפי תפקוד הראייה |
| צללים וכיוון האור | אבחנת ניגודים ופרטים | התאמה בין המנורה לתפקוד הראייה |
| צבע האור | נאמנות צבע, סטייה כרומטית, התאמת צבעים | סידור מקום העבודה והמנורה בחידת המנורה לפי התפקיד |

ולמוסדות השכלה. אין אור-היום יכול להחשב כמקור תאורה בלעדי במקומות עבודה, וזאת מן הסיבות דלהלן:

- * עוצמת ההארה של אור-היום תלויה במידה רבה בתנודות עונתיות ויומיות.
- * עוצמת ההארה של אור-יום מושפעת מאוד מן המרחק אל החלון.
- לכן שונה תפקיד החלון במפעל, שבו הוא צריך להבטיח רמת תאורה נתונה, מתפקידו בבית מגורים.
- ה"הנחיות למפעלים" כוללות נתונים על ממדי החלונות (טבלה 1) וסידורם. "פקודת המפעלים" קובעת הגנה מפני קרינת שמש ישירה. תקן חדש נותן הנחיות לגבי הגנה מפני שמש, חום ורעש וכן הנחיות לאורור.

טבלה 1

מידות החלונות לפי "הנחיות למפעלים"

| עומק החדר | גודל מינימלי של החלונות |
|-------------|-----------------------------|
| עד 5 מטר | 1.25 מ"ר |
| מעל 5 מטר | 1.50 מ"ר |
| שטח האולם | 1 / 10 משטח האולם |
| עד 600 מ"ר | 60 מ"ר + 1 / 100 משטח האולם |
| מעל 600 מ"ר | משטח האולם |

תאורה מלאכותית

על-פי "פקודת המפעלים":
"התקני תאורה באולמות עבודה ובדרכים יש למקם ולעצב כך שלא תיגרם תאונה או פגיעה בבריאות העובדים כתוצאה מאופן התאורה. התאורה צריכה להיות מעוצבת לפי אופן הראייה המתבקש מן התפקיד".
בכל מקרה, יש למלא את התנאים דלהלן לגופו של עניין:

* "הנחיות למפעלים" ו"פקודת המפעלים" כאן, ולהלן שמות מקוצרים של תקנים גרמניים.

צימצום הסינוור

הצורות הנפוצות ביותר של סינוור כגורם מפריע הם הסינוור הישיר והסינוור המוחזר. המקור השכיח ביותר לסינוור ישיר הם המנורות או הפנסים בשדה הראיה במקום העבודה. בעזרת התקן החדש ניתן לקרוא ישירות את זווית המגן הדרושה. לפי סוג העבודה, לשמירה על רמת טיב של 1 עד 3 למניעת סינוור ישיר. כמובן מובאים שם האמצעים למניעת סינוור מוחזר מאמצעי עבודה מבריקים ומחזירי-אור.

נאמנות צבעים

לגורם נאמנות הצבע של אמצעי התאורה אסור לעבור את הדרגה 3. השימוש בנורת נתרן בלחץ גבוה מותר רק עד עוצמת ההארה של 200 לוקס ואין להשתמש בה כמקור אור יחיד במקומות מאוישים בקביעות.

אופן התאורה

מערכת התקנות מבחינה בין תאורה כללית לתאורה יעודית ונספת בנקודות העבודה השונות. התאורה הכללית באה מן התקרה ומאירה את האולם באופן שווה. התאורה הכללית מתקבלת כתאורה יחידה עד ערך עוצמת הארה נומינלי של 500 לוקס, מעל לערך זה מותר שהיא תהווה 50% בלבד מן העוצמה המסופקת למקום העבודה. את התאורה האינדיבידואלית של נקודות העבודה יש להתאים לתאורה הכללית ועליה להבטיח אחידות של 1:6 = ממוצע E: מוערי E.

הארת מקומות עבודה ליד צג (מרקע)

עקרונית, התקנות והתקנים הגרמניים מספקים מידע להתקנת התאורה נכונה לפי ידע מדעי גם במקומות בעייתיים אלה. לכן מופנית ההלן תשומת-הלב לדברים יוצאי דופן בלבד של התקנים המתאימים.

מספר רב של עבודות פורסם בעניין העיצוב של מקום העבודה ליד צג לפי כללי הנדסת אנוש.

העוצמה הנומינלית צריכה להיות בין 300 ל-500 לוקס. תשומת לב מיוחדת יש להעניק למניעת סינוור. וזאת עלידי בחירת גופי תאורה וסידור מגינים (איור 1).

למניעת סינוור ישיר צריכים הערכים הגבוליים של צפיפות ההארה להיות הרבה פחות מדרגת טיב 1 בור וית הקרינה הקריטית של $\theta = 45^\circ - 85^\circ$. למניעת סינוור מוחזר אסור שלוגפי התאורה אשר מאחורי גבו של העובד תהיה צפיפות הארה (בהיקות) של יותר מ-200 קנ"ל מ"ר בתחום שמעל לזווית קרינה של $\theta = 50^\circ$. פרטים נוספים על סידור החלונות והמנורות למפעלים (ראה באיור 1).

הארה במקומות עבודה במוסדות להשכלה

המיוחד במוסדות ההשכלה הוא בכך שעקרונית יש לספק די אוריים, בתוספת השלמה של אור מלאכותי כאשר מתעורר הצורך בכך. לפיכך קובע התקן נתונים מפורשים לגודל החלונות. כאשר אור-היום הוא מספיק, כלומר כאשר מקדם אור-היום D במקומות עבודה בתנאים גרועים הוא 1% או יותר, מומלצת עוצמה נומינלית של 300 לוקס, בהעדר אור-יום מספיק נדרשים 500 לוקס.

בעיה אחרת במוסדות להשכלה היא השיטה המקובלת היום של "סדר ישיבה חופשי". כאן דרושה הגנת סינוור רב-צדדית לתאורה ולחלונות. ולבסוף קובע התקן את התוספת הנחוצה ללוח-הקיר הראשי.

עבודות מחקר וניסיון שנצבר במשרדים, שנתוניםים דומים, מאשרים את נותני התקן.

הארה בבתי חולים

יש להבדיל בין חדרי החולים לבין חדרי הבדיקה, להשיג רמת אווירית החלמה בחדרי החולים מומלץ אור חמים ונעים בעוצמה של עד 300 לוקס. לרופא בחדר הבדיקה קוטר נחוץ אור לבן וניטרלי של 1000 עד 5000 לוקס, ואף יותר. לטיפול רפואי בבני-אדם נחוצה בדרך כלל תאורה עם נאמנות צבע טובה מאוד, בדרגה 1.

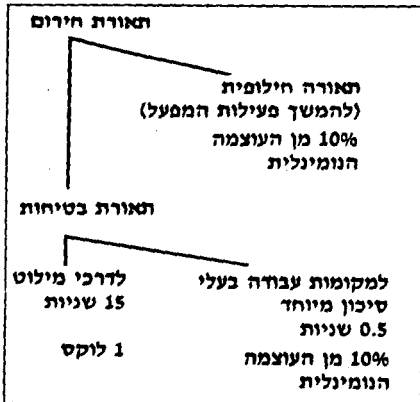
תאורת חירום

תאורת החירום הינה גורם חשוב לבטיחות המפעל במקרה של הפסקת חשמל. שפע הפרסומים בנושא זה הביא לצורך לסכם את הנתונים בתקן, "הנחיות למפעלים" באיור 2 מובאת סקירה על סוגים שונים של תאורת חירום, על שדה הזמן המינימלי הנדרש בין הפסקת הזרם להדלקת תאורת החירום ועל עוצמת ההארה המינימלית.

כמו כן ניתנים בתקן הנחיות לתאורת בטיחות לצרכי מילוט ולמקומות עבודה בעלי סיכון מיוחד לאחר סיום הפעילויות, ומשמשת ליציאה בטוחה מן המקום במקרה של הפסקת הזרם. אחידות התאורה, מניעת הסינוור וסידור סימני הדרך.

מחקר בנושא זה מגיע למסקנה, שבדרכי מילוט בעלות רמת החזרה נמוכה יש להעלות את עוצמת ההארה המוערכת ל-2 עד 4 לוקס.

איור 2
סוגי תאורת חירום



מדידת תאורה והוצאת מסקנות

בין תפקידיו העיקריים של המומחה לבטיחות, לפי חוקי הבטיחות נמנית החובה:

– "לייעץ למעביד ולכל הממונים על הבטיחות בכל הנוגע לעיצוב מקום העבודה על-מנת שישררו בו תנאים אנושיים..."

– "לבקש לעתים מזומנות במקומות העבודה, להודיע לממונים על ליקויים שהתגלו, להציע אמצעים להרחקת הליקויים ולהשפיע על ביצועם של אמצעי עים אלה..."

עומת אמצעי המדידה בתחום הרעש והאקלים, שהי גם מפותחים מאד, לא ניתן בתקנות התאורה הבסיס המתאים למדידת התאורה ולהערכת התוצאות.

מדידת התאורה והערכת התוצאות לפי מערכת התקנות

בד בבד עם הכנת התקנות התפתחו גם מכשירי המדידה, כאשר מדידת עוצמת ההארה וחלוקתה בשטח העבודה עומדת במקום הראשון. מומלץ להציג את התוצאות בתמונות משבצות המייצגות נקודות עבודה, או בצורה שימושית מאוד בעקומות שוות עוצמה (isolux).

כמובן יש למדוד את העוצמה הממוצעת ואת העוצמה המינימלית ולהכין טבלה של חלוקת צפיפות האור בשטח (איור 3).

את קיום הדירשות למניעת סינוור אפשר לבדוק מתוך נתוני יצרן המנורות או על ידי מדידת הצפיפות של ההארה, באשר לצבע האור ולנאמנות הצבע אפשר להסתפק בהשוואת דפי נתונים של יצרני מנורות.

איוו 3
חלוקת עוצמת ההארה בשטח ממעל

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| × 20 | × 10 | × 8 | × 7 |
| × 10 | × 90 | × 120 | × 125 |
| × 180 | × 145 | × 130 | × 125 |
| × 170 | × 130 | × 45 | × 25 |

והערכה, כדלקמן: משרדים, פרט למקומות ליד ציגים, עונוים בדרך כלל על הדרישות. לעומת זאת לוקים בחסר מפעלי ברזל ופלדה, בייחוד המיושנים שבהם. רוב המשרדים מוארים היטב מבחינת עוצמת ההארה, אולם קיימת אי בהירות באשר לבחירת גופי תאורה פלואורוסצנטיים וקביעת צבע האור.

כמרכן, יש לציין שהמשרדים לוקים בעיצוב חד-גווני ובבחירת חומרים וצבעים לקויה. במקומות עבודה בעלי ציגים מושקע כסף רב, אך בגלל חוסר התמצאות בהישגי טכניקות המאור נעשו סידורי המקומות בצורה כה גרועה ביחס למגורות ולחלונות, כך שהעובדים נאל- צים לעבוד בהדרים מאופלים מפני אור-יום ובתאורה לקויה.

בבתי מלאכה נמדדו לעתים רק 10% מהעוצמה הנומינלית, תוך סינוור בלתי ישיר דרך החלונות, או אפילו העדר חלונות. נמצאו מגורות בלתי מסוככות או סדורות בצורה לא-יכונה ובמיוחד התגלו ליקויים בתחזוקת מערכת התאורה. יש בכך לא רק בזבוז אנרי- גיה אלא גם סיכון בטיחותי.

באחד ממפעלי הפלדה הוכח שבקבות התקנת תאורה לפי התקנים ירד מספר התאונות ב-36%.

סיכום

יש לקוות שהכרה רחבה יותר של התקנות ויישומן תביא לשיפור התנאים במקומות העבודה מבחינה משי- קית ואנושית, ובעיקר יש ליזכר שאור בלתי-מספיק אינו מאפשר השגת תוצאות טובות בעבודה. אם אין תאורה מספקת, אם האור מסנוור, אם אין ניגודים או אם הניגודים אינם נכונים, ייעלמו גם הסכנות מעיני העובד. אור בהיר וטוב-פירושו גם פחות תאונות.

כאשר האור אינו מספיק, העינים חייבות להתאמץ, דבר הגורם לבזבוז אנרגיה ולהתעייפות מהירה. הספק העבודה יורד ותשומות-הילב פוחתות, כמוכך.

ידוע מן הניסיון - ככל שהעבודה קשה ועדינה יותר, כן דרושה עוצמת תאורה טובה יותר. רק אור טוב עוזר לדרייה טובה. עוצמת האור אינה הגורם היחיד הקובע אם התאורה טובה או לא, ויש להתחשב בכל הנתונים שהוזכרו במאמר.

התאורה המקומית חייבת להיות ניתנת לכוונון, כדי שאפשר יהיה למקד את הקרן אל נקודת העבודה. חשוב, שהעובד לא יייל את צילו על נקודת העבודה אותה הוא צריך לראות.

טוב לבדוק מידי פעם את תנאי התאורה - להחזיק את המגורה במצב תקין ונקי, ולמנוע סינוור והטלת צל עצמי.

תיאור משולב של תנאי הסביבה בנקודות העבודה -

תאורה, אקלים, רעש וחומרים מסוכנים

תיאור החלוקה של עוצמת ההארה (איוו 3) לוקה בחסר בצורתו, שאינה נאה למראה, ואינה מבטאת את התלות הקיימת עם גורמי עומס אחרים במקום. המח- בר ניסה, איפוא, בשיתוף עם מומחים בענייני רעש וחומרים מסוכנים, להכין תיאור סביבתי משולב של השפעות התאורה. האקלים, הרעש וחומרים מסוכנים, תוך שימוש בשיטות הגדרה ותיאור סטנדרטיות של הפרמטרים השונים של העומס. בכך התאפשר ניתוח אחיד של הגורמים המשפיעים על הרגשת הנוחות של האדם במקום העבודה, לשם זיהוי ההשפעה המצטברת של גורמי עומס שונים, מתוך השפע של דפי מדידה, חישוב ותיאורים משולבים, ניתן כאן תיאור של השפ- עת התאורה והאקלים.

ניסיון שנרכש תוך יישום מערכת התקנות

כללית, ניתן לקבוע, לאור פעילות נרחבת של יעוץ

(המשך ממעמד 16)

סיכום

ניתן לומר שבכדי שניתן יהיה ליחס את ההשפעות לטר- ווח ארוך שיש להארה הטבעית ולתאורה המלאכותית על גוף האדם מחייב הדבר להגדיר במדויק את רמות החשיפה המתותרות במזנוחים של הרכבי ספקטרום, את משך זמן החשיפה המותר ואת כמות ההארה המתותרת לשהימים בחוץ, באור טבעי, ולאלה הנמצאים בתוך מבנים. ולבסוף חשוב מאד להגיש שבמחקר מסוג זה יש להמנע ככל האפשר מהשפעות סביבתיות אשר אינן מבוססות על מדידות ישירות.

מסקנות

ניתן לומר שבהתבסס על המידע שזוכו עד היום בנושא מתבקשות 2 מסקנות:

- א. אין שום סיכון בחשיפת גוף האדם לתאורה הפלואורוסצנטית בכל הנוגע לסרטן העור.
- ב. היות ואין כיום הבנה מספקת על הסיבות והמנגנון נים הגורפניים המעורבים בעליה המתמדת בתדירות הופעתה של מחלה המלנומה הממאירה, אין לערב או להחשיד את התאורה הפלואורוסצנטית כגורם מאיץ לעליה זו.

המלנומה הממאירה שונה מסרטן העור בכך שאין היא מופיעה דווקא בשטחי גוף החשופים לאור. כ-40% מהמקרים היו דווקא באיזורי גוף אשר אינם חשופים כרגיל לאור.

הגורמים המעורבים בהתפתחות המלנומה הממאירה אינם ידועים עדיין די עומס ובמיוחד לא ברור הקשר שבין החשיפה לקרינה האולטרה סגולית ובין המלנומה הממאירה, הדבר נובע מהעובדה שעשויים להיות גור- מים נוספים המעורבים בכך כגון: גורמים חיסוניים או גורמים הרסניים נוספים בדומה לגורם ההרסני שבחשי- פה לקרינה האולטרה סגולית. המומחים בתחומי רפו- אה זו טוענים שיתכן מאד שגם גורמים חברתיים וסביבתיים אחרים משפיעים על התפתחות מחלה זו.

בכל מקרה נחוצים מחקרים נוספים בנושא בכדי להמי- נע מהשפעות מקריות ומשיגות אשר אין להם ולא כלום להתפתחות המחלה עצמה. הועדה הבינלאומית למאור (CIE) מעודדת ומאיצה לערוך מחקרים נוספים, כדי לבחון בצורה יסודית יותר את השפעות הגומלין השונות בין המרכיבים שהוזכרו.

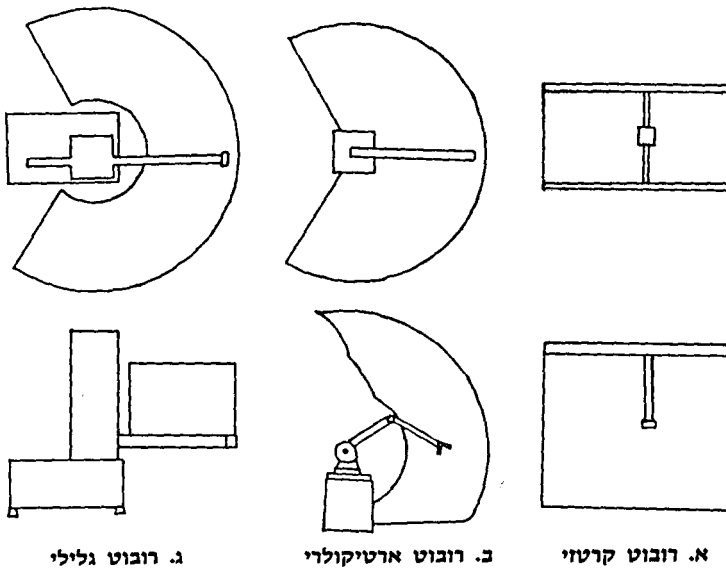
הרובוטיקה

שמושים ויישומים מודרניים

אינג' יובל ליאור

הרובוט הינו מניפולטור (כלומר: מכניזם הבנוי מזרועות ופרקים), המיועד להניע עצמים שונים, מוצרים וכלים בתנועות שמתוכננות במחשב, לביצוע מגוון של עבודות. המיוחד ברובוט לעומת מכוונת מקובלות הוא שיש לו את היכולת להתאים עצמו לעבודה בציוד שונה ובמוצרים שונים. ניתן לשנות בקלות את תכניות העבודה של הרובוט וללמד אותו תכניות חדשות. ניתן להבדיל בין סוגי הרובוטים הרבים הקיימים בשוק על ידי ניתוח ההבדלים בתכונות. אחת התכונות החשובות ברובוט היא צורת כיסוי נפח העבודה. לכל רובוט, בהתאם למבנה הזרוע, קיימת אפשרות לכסות נפח עבודה מסויים. בתוך נפח עבודה זה מסוגל הרובוט להגיע לכל נקודה. מבחינת כיסוי נפח העבודה קיימים שלושה סוגים עיקריים של רובוטים: רובוט קרטזי, רובוט גלילי, ורובוט ארטיקולרי (איור 1).

איור 1



ג. רובוט גלילי

ב. רובוט ארטיקולרי

א. רובוט קרטזי

הראיה, סנסורי כח וקדבה ובכך להעניק לרובוט את הכושר לחוש את הסובב אותו.

אך עם כל ההתקדמות שקיימת בשטח זה, עדיין רחוקה לקראת ורמת האינטליגנציה של האדם גבוהה בהרבה מזו של הרובוט המתקדם ביותר!

על כל אלה נוספת העובדה שהרובוט חסר כל דמיון והוא מסוגל לבצע עבודה רק על סמך הוראות מתאימות ומדויקות אותן תוכנת לבצע מראש.

תפקידי פיקוד הרובוט

על פיקוד הרובוט לענות על מספר משימות בעת ביצוע תכניות, והם:

- א. לבקר את תנועת הרובוט ולוודא שהרובוט נע בהתאם למסלול שתוכנת ובהתאם למהירות. עם העמידה בנתוני המהירות הרובוט צריך להאית בזמן לקראת עצירה בנקודה שבה עליו לעמוד, כך שלא יעבור את אותה הנקודה שתוכנתה לעצירה.

אדם - רובוט

בהשוואה בין תכונות האדם לתכונות הרובוט ניתן להבדיל בין התכונות הפיזיקליות: גודל, כח, מהירות, גמישות, לבין תכונות הקשורות לאינטליגנציה ולכר שר הבקרה: החלטה, דמיון, חוש.

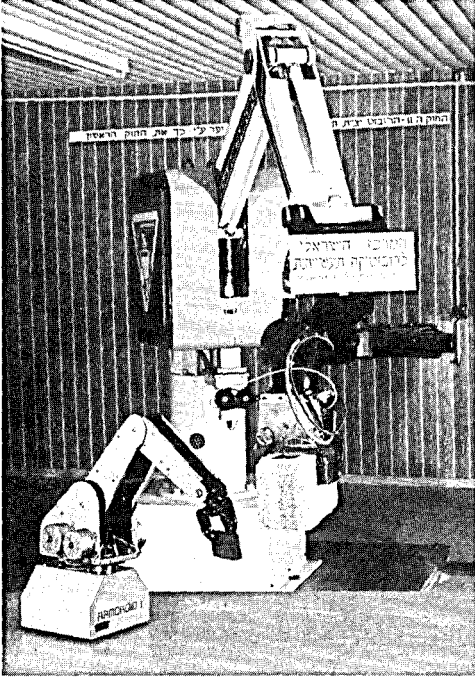
בתכונות הפיזיקליות יש לרובוטים את הכושר לשאת משקלים זעירים של גרמים ספורים וכן משקלים ענקיים של טונות. כמו כן מהירות העבודה של רובוט בדרך כלל אינה גבוהה במיוחד לעומת מהירות העבודה המכסימלית של האדם, אך הרובוט הוא בעל כושר עבודה לאורך זמן במהירותו המכסימלית, מבלי שתדר מידת הדיוק בעבודתו, ובכך יש הבדל גדול בינו לבין האדם.

בתכונות הקשורות לאינטליגנציה ולכושר הבקרה קיים מות כיום אפשרויות שהרובוט יקבל החלטה עקב שיי נוי במצבו או בציוד ההקפי. לפיקוד הרובוט יש אפשרות נוחה לשלב מגוון של חיישנים (SENSORS) בתחום האדם.

אינג' י. ליאור - מנהל המרכז הישראלי לרובוטיקה תעשייתית

1. שיטות לימוד רובוט.
2. איתור תקלות.

איור 2



3. בתכנית נכללות פונקציות רבות אחרות כגון: פתיחה וסגירת התפסנית, השתייה, סברוטניה (SUBROUTINE) וכו'. תנועת הרובוט מותנית גם בפונקציות האלה והפיקוד צריך לבקר את ביצוע הפונקציות בהתאם לתכנית.

4. קיימת מערכת של INPUT ו-OUTPUT המפעילה ציוד הקפי ומקבלת אותות מסנסורים שונים המשתתפים במהלך הפעולה האוטומטית.

5. חשוב מאד שהפיקוד יהיה בנוי בצורה פשוטה שתאפשר תכנות קל של תכניות פעולה וכן תקשורת קלה עם ציוד היקפי.

הרובוט ומקום איש המקצוע בחשמל

חשוב להתייחס לרובוט כאחד מהמתרונות הקיימים בשטח האוטומציה לחלק מהבעיות בתעשייה. איש המקצוע בחשמל קשור לבעיות האוטומציה והפיקוד במפעל ומהווה כתובת לפתרון תקלות שוטפות במפעל. על רקע זה קיימת חשיבות שאותו בעל מקצוע יכיר גם את הרובוט. ידע את האפשרויות של תקשורת עם פיקוד הרובוט ואת שיטות איתור התקלות ברובוט.

במקרים רבים יהיה החשמלאי הכתובת להכנסת הציוד לעבודה במפעל, ליצירת הקשר בין פיקוד הרובוט לפיקוד המכונות הקיימות שאותן אמור הרובוט לשרת. עם זאת אין צורך ללמוד את כל הנדסת המכונות והבקרה ברובוט אך יש להכיר את צורת התנועה ושיטות ההנעה הקיימות ברובוטיקה בצד שיטות הפיקוד תכנות רובוטים ואיתור התקלות.

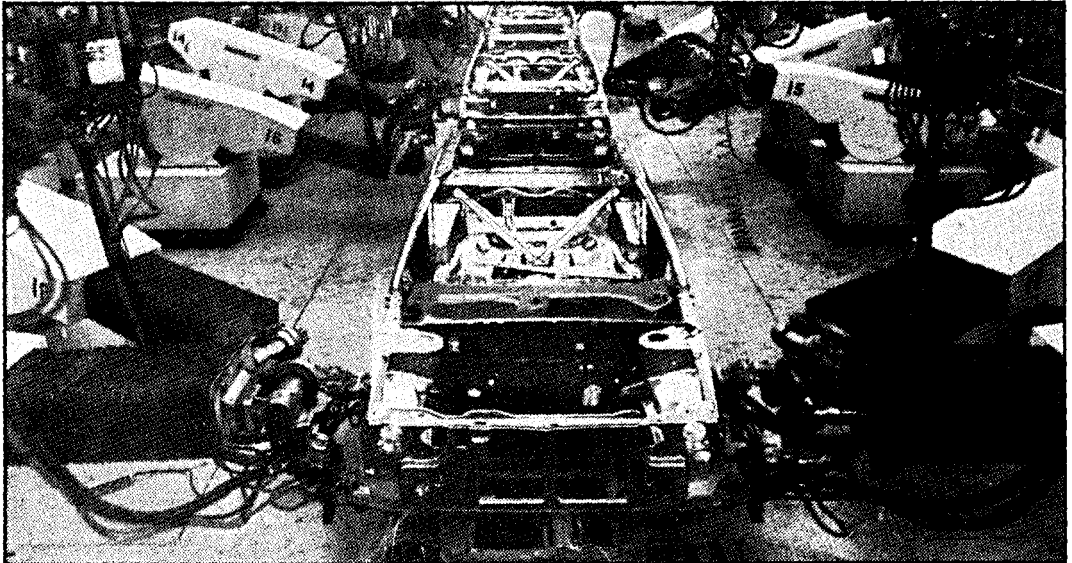
כמו כן יש לשלב את לימוד הרובוטיקה עם לימוד החשמל ואת התרגילים לפתרון בעיות בפיקוד הרובוט. באופן כזה ילמד איש המקצוע בחשמל לפתור תקלות באופן דומה לצורה שבה יראה את התקלות במפעל.

נושאי הלימוד בשטח הרובוטיקה לחשמלאים:

- א. מבוא לרובוטיקה.
- ב. תכנות ומבנה רובוטים.
- ג. פיקוד הרובוט.
- ד. תא עבודה משולב ברובוט.
- ה. תקשורת בין פיקוד הרובוט לציוד הקיים.

איור 3

רובוטים בפס ייצור של מפעל לייצור מכוניות



ברק כ"ח בע"מ

ייצור שנאים (טרנספורמטורים)
בהסכם ידע עם

BENMAT CO. L.I.C NEW YORK U.S.A

- חד פאזי ותלת פאזי* שנאי זרם לאמפרמטר להרכבה בלוחות חשמל ומתקני חשמל.
- אוטו טרפו להתנעת מנועים חשמליים עד 200 HP ~ 3.
- שנאים 110V-220V לשימוש ביתי עבור הפעלת מכשירי חשמל אמריקאים 110V.

* למקררי NO FROST עם תורתקן ושנה אחריות.
להשיג: במפעל.

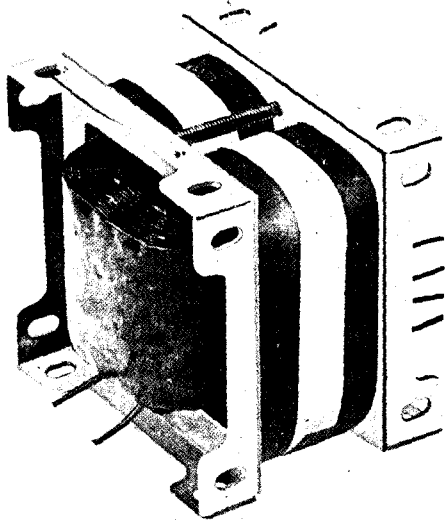
ברק כ"ח

ייצור טרנספורמטורים (שנאים)

רח' רוויגו 8, פינת שד' הר ציון 91

תל-אביב

או בחנויות חומרי חשמל



שד' הר ציון 91 (סמטת רוויגו 8)

טל: 03-377692 ת"א

שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בדף השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור בכל משבצת מהמודעות שסימנת.
3. שלח את דף השרות (בשלמותו) לפי כתובת המערכת:

מערכת „התקע המצדיע“

ת.ד. 8810

חיפה 61087

הפרטים יישלחו למפרסם המודעה, אשר ימציא לך מידע נוסף הנמצא ברשותו.



בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל

ת.ד. 27154, יפו 61271

טלפון: 821661

שרות פרסומי – דף למידע נוסף

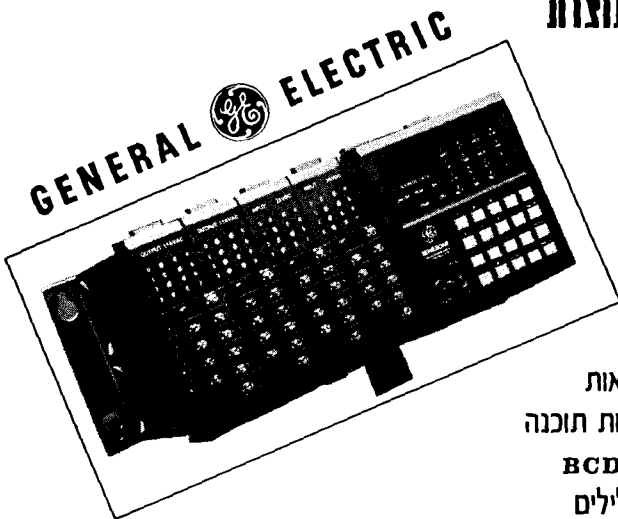
| | | |
|---------|---------|---------|
| 31 / 3 | 31 / 2 | 31 / 1 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 6 | 31 / 5 | 31 / 4 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 9 | 31 / 8 | 31 / 7 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 12 | 31 / 11 | 31 / 10 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 15 | 31 / 14 | 31 / 13 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 18 | 31 / 17 | 31 / 16 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 21 | 31 / 20 | 31 / 19 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 24 | 31 / 23 | 31 / 22 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 27 | 31 / 26 | 31 / 25 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |
| 31 / 30 | 31 / 29 | 31 / 28 |
| שם | שם | שם |
| כתובת | כתובת | כתובת |

ג'נרל מהנדסים בע"מ



חברת ג'נרל מהנדסים מציעה:

בקר תתוננת SERIES 1
המשפחת הבקרים התוצרת



- * מודולרי - עד 112 כניסות יציאות
- * קיבולת זכרון של עד 1.7 א מילות תוכנה
- * אפשרות חיבור כניסות בקוד BCD
- * פונקציות תוכנה: - מגעים וסלילים

64- קוצבי זמן ומונים
64 SEQUENCERS בני 1000
צעדים כ"א

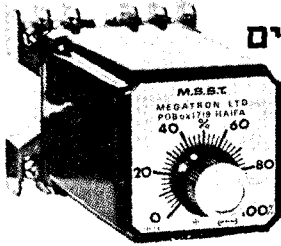
SHIFT REGISTER-
MASTER CONTROL RELAY-

* חמירים נוחים ביותר *

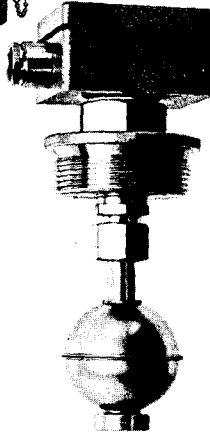
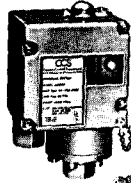
הציבור מוזמן לבקר במרכז יישום והדגמה של המחלקה לאוטומציה תעשייתית

ליד משרדנו באיזור התעשייה בהרצליה ב'

מיקוד 46105 - ת.ד. 557 - טל. 552233 052 - טלקס 341908

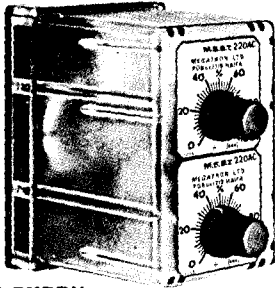


טיימרים



מפיצים של:

מפסקי לחץ טמפ' חרימה
מפסקי קרבה אינדוקטיביים
מפסקים מגנטיים,
בקרי גובה
למידע נוסף סמן
מס' 31/4



מוצר אמין,
נוח להתקנה, מסופק
מהמלאי במחיר נמוך,
מינוון של סוגי
הפעלה, תחומי זמן,
מתחי הפעלה.
לפי דרישת הלקוחות
אנו מייצרים גם
טיימרים עם סוקט
של 8 פינים.

יצרנים של:

- * מערכות התרעה
- * קוצבי זמן מהבהבים
- * יחידות להמרת סיגולים
- * בקרים מיוחדים
- * מתקנים ומכשור בהתאם
למפרטי המזמין

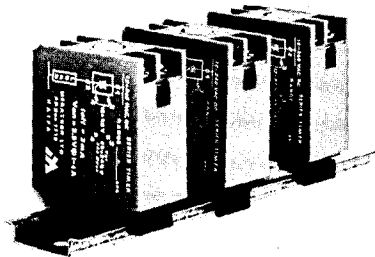
אחריות 5 שנים לפעולה תקינה!
למידע נוסף סמן מס' 31/6

M.S.S.T. 701

טיימר
טורי

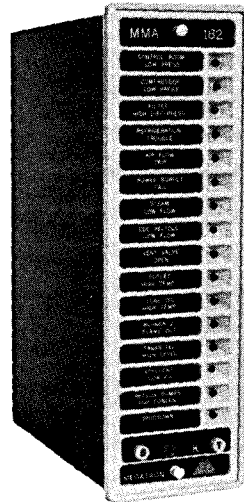
MMA 182

מערכת התרעות ממוחשבת
MMA-182



- יחידה אחת המתאימה למתח החל מ-12 וולט ועד 230 וולט.
- 10 תחומי זמן ניתנים לבחירה ע"י חיבור פנימי מ-1 שניה עד 16 דקות.
- מתאים למסילת DIN סטנדרטית, איכות מעולה במחיר נמוך (\$ 17) אספקה מהמלאי!
- דגם B 702 השהית פולס (ויש רלי).
- דגם F 702 טיימר מחזורי (בלינקר)
- דגם X 701 — "זמן התאוששות" 10 מילי שניות.

למידע נוסף סמן מס' 31/7



המערכת החדשה מבוססת על מיקרו מחשב, אשר מאפשר גמישות רבה והתאמה לכל הדרישות הנוכחיות והשינויים שעלולים להופיע בעתיד. בחירת כל האופציות מתבצעת ע"י קביעת מפסקים זעירים (Bit-Switches) המערכת מיועדת עבור 16 ערוצי התרעה, ויכולה לקבל כניסות מכל סוג שהוא.

למידע נוסף סמן מס' 31/5

מגטרון



ת.ד. 1719 חיפה,
טל. 04-888356

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ

pulsotronic

מפסקי קירבה

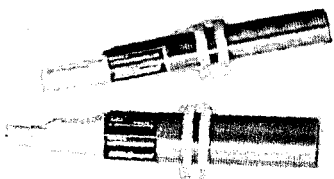
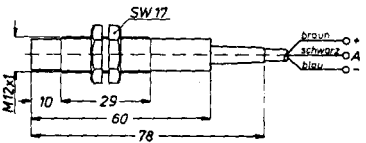
חברת Pulsotronic המייצרת זה שנים רבות, מפסקי קרבה הפועלים ללא מגע, מספקת פתרון לכל בעיה בנושא מפסקי קרבה. הטבלה להלן מתארת את הסוגים הנ"ל מוצים:

☆ מפסקי קרבה לזרם חילופין (Ac Pulsors) בתחום מתחים רחב. מתאים לפעולה N.O. (פתוח במצב רגיל) N.C. (סגור במצב רגיל).

☆ מפסקי קרבה לזרם ישר (DC Pulsors) מתאים במיוחד למערכות בקרה. מוגן בפני חיבור קוטביות הפוכה. מיתוג הצד החיובי או השלילי של המעגל. קיימים גם סוגים מיוחדים המספקים סיגנל אנלוגי היחסי למרחק מהמטרה. כל מפסקי הקרבה מיוצרים לפי תקן DIN וכוללים גם דגמים מוגני התפר-צעות.

☆ צורות ומבנה מבנה גלילי בקוטר החל מ 5 עד 40 מ"מ. מבנה ריבועי. לטווח פעולה רחב ביותר. מבנה טבעתי או מסגרת גלילי חלקים נעים. קיימים 2 סוגי זיוד: מתכת - סימון M, פלסטי - סימון P.

חיבורים: כבל גמיש, פלג או טרמינל. מפסקי קרבה מחומר פלסטי עמידים בפני רב החומצות.

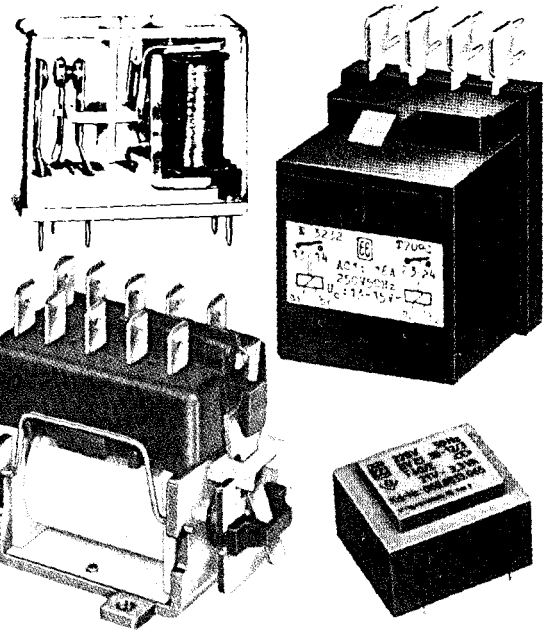
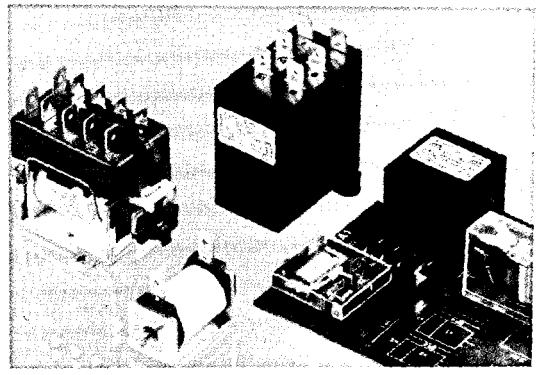


למידע נוסף סמן מס' 31/9



Eichhoff-Werke G. m. b. H.

אנו שמחים להודיע לכם שהתמנינו לנציגים ומפיצים של חברת "EICHHOFF" בישראל, המייצרת מגוון רחב של ממסרים, קונטקטורים מיניאטוריים, סולנואידים, שניים ועוד.



למידע נוסף סמן מס' 31/8

megatron
electronics & controls ltd.

p.o.b. 1719 haifa
tel. 88835-6

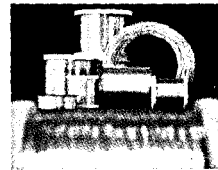
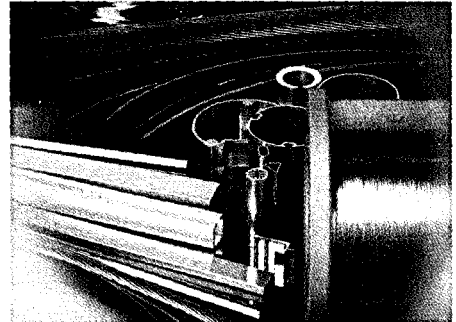
**YOUR PARTNER
FOR CAST RESIN MOULDINGS**

מבדרי תמיכה ומבדרי מעבר למתח נמוך
ולמתח גבוה



GEORG JORDAN GMBH
SIEGBURG
המקור

**FELTEN & GUILLEAUME
ENERGIETECHNIK GMBH**



**המקור של
מוליכי ושזרי נחושת ואלומיניום**

Extruded and Drawn Copper Sections | Drawn Copper Rods
Copper Strips and Wires



Delta Drawn Metals Limited **DELTA**

**המקור לפסי צבירה שטוחים
ועגולים,
וחלקים מנחושת אלקטרוניטית**

DSG הינו השם והמקור באירופה ל:
שרוולים מתכווצים וסרטים ניתכים
בהתאם למפרטי MIL, UL, AMS, DIN
לישומים מגוונים בתחומי החשמל והאלקטרוניקה



GATAG LTD. גאטאג בע"מ יצוג והפצה:

ת.ד. 13113, תל-אביב טל. 03-491567, 03-471027, טלקס: 341118 BXTV EXT 6707

הקדם תרופה ל"מכת" החשמל

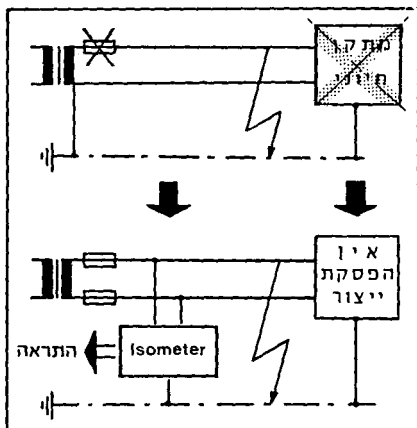
ע"י

רשת בלתי מאורקת

עם ISOMETER של BENDER

המבטיחה:

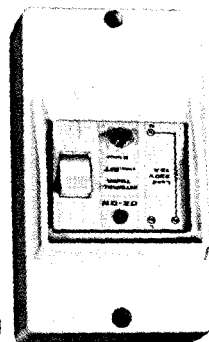
- המשך עבודה רציפה - בתקלת קצר להארקה
- עבודה אמינה - למחשב, בקר ומע' פיקוד
- עבודה בטוחה - עם גורטור נייד ללא הארקה מספקת
- הגנה מפני התחשמלות
- הגנה מפני שריפה והתפוצצות
- מעקב מתמיד על תקינותו של ציוד בכוננות



חסוך בחשמל וגם הגן על דוד השמש

- הפעלת החימום לשעתיים
- להתקנה בקופסת המפסק הקיים

SIT

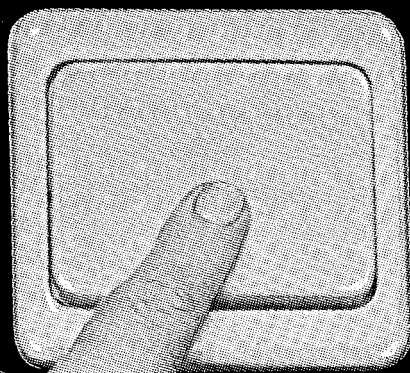


משרד מכירות:

אל - עד בע"מ. נציגים בלעדיים של עוז - און בע"מ.
ת.ד. 2664, חולון 58127. רח' הנפח 10 טל. 03-800117



כל נקודה של דיג מוסיפה לך נקודות אצל הלקוח.



תוצאות

ד.י.ג. יצרן אבזרי החשמל הנודעים בישראל, מציע לך מגוון מוצרי חשמל בהשגחת מכון התקנים. בין המוצרים תמצא מפסקי קיר מעולים כעצוב רגיל ודקורטיבי, גופי תאורה לבית ולתעשייה, בתי נורה, תקעים, מהדקים, אבזרים לצידד חשמלי, מפסקים חצי אוטומטיים, ממסרי פחת, ועוד.

מוצרי ד.י.ג. ידועים ביופיים ובכושר עמידותם הגבוה.

לכן, כשהלקוח יבקש "משהו טוב ויפה", תן לו ד.י.ג. וסמוך עליו, הוא יחזור ויקנה עוד... להשיג אצל הסיטונאים לחומרי חשמל ברחבי הארץ.

המפעל: אזור התעשייה המערבי, בית שמש
ת.ד. 285 מיקוד 99000. טלפון: 02-914854
משרד המכירות: בן גמליאל 1, יפן, ת.ד. 8175
מיקוד 68022. טלפון: 03-836236-8

דיג נקודות האור של הבית.

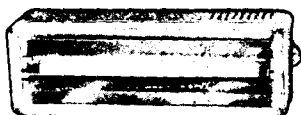
הכל על תאורת החרום

אצלנו אין הפסקות חשמל!!!

כשעוסקים בנושאי בטיחות, אי אפשר להתעלם מנושא מרכזי והוא תאורת חרום. תאורת חרום פרושה תאורה אלטרנטיבית לתאורה הרגילה, הפועלת באופן אוטומטי כאשר נפסק החשמל מסיבות של תקלה, קצר, או נתוק הזרם במקרה שריפה או פיגוע. אנו מבחינים בשני סוגים עיקריים של תאורה:

יציאה

א. תאורת הכוונה הכוללת שילוט. תאורה זו פועלת גם כאשר יש חשמל ולחילופין, מיד בהפסקתו.



ב. תאורת התמצאות המיועדת להארת חדרי מדרגות, שטחים ציבוריים ודרכי מילוט.

יתרונות תאורת החרום:

1. אין צורך באינסטלציה חשמלית (היחידה ניתנת להרכבה בכל מקום בו נדרשת תאורה ומתחברת לרשת החשמל הרגילה).
2. התקנה קלה ופשוטה על התקרה או הקיר.
3. היחידה כוללת מצברי ניקל קדמיום יבשים להחלוטין ללא כל טפול ואחזקה.
4. היחידה כוללת מטען אלקטרוני לטעינה חוזרת (מיד עם החזרת הספקת החשמל).

ציוד נוסף שברשותנו:

1. מבחר רב של יחידות כולל יחידות דו-תכליתיות עם שילוט לפי תקן מכבי אש והמשטרה. וכן יחידות להתקנה בפלורטנטים קיימים 65—20 ווט.
2. יחידות ניידות לבית ולתעשייה וכן ציוד מוגן התפוצצות.
3. מכשיר אל פסק להספקה שוטפת של חשמל לציוד בטיחות ומחשבים, קשר וכו'.
4. גנרטורים ניידים וקבועים, בנוזן ודיוזל מ"מ 0.6 ק"ווט — 90 ק"ווט.

ומה דורש התקן? (מתוך קובץ התקנות 4111 תכנון הבניה מיום 17.4.80).

- א. שלטים לשלטים תותקן תאורה מרשת החשמל של הבנין וממקור חשמל רזרבי אמין.
- ב. תאורת התמצאות בפרוודורים, חדרי מדרגות יותקנו גופי תאורת התמצאות. גופים אינדיודואלים הנטענים ומופעלים אוטומטית ויופעלו למשך זמן לא פחות מ-60 דקות. ולכן אתם בתעשייה, אולם, מלון, מועדון ובתים רב-יחידות בדקו מה קורה אצלכם והקדימו פתרון לבעיה.



אחריות מלאה, יעוץ, הדרכה והתקנה ע"י
חברת צבמ"ד 78 בע"מ — ציוד חשמלי

רח' חפץ חיים 10 נחלת יצחק, ת"א, טל. 03-219852, 03-256037

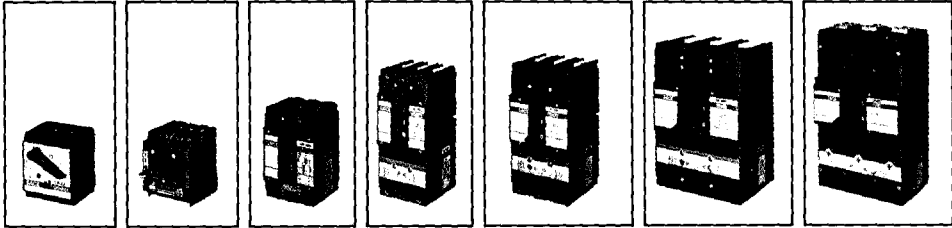
SACE

אטקה

מקבוצת פויכטונגר תעשיות

limitor

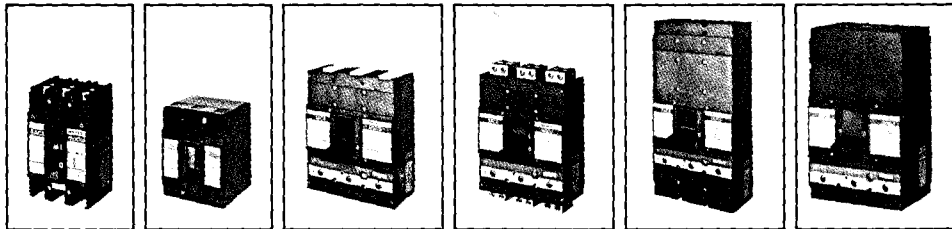
מקבילי זרם קצר



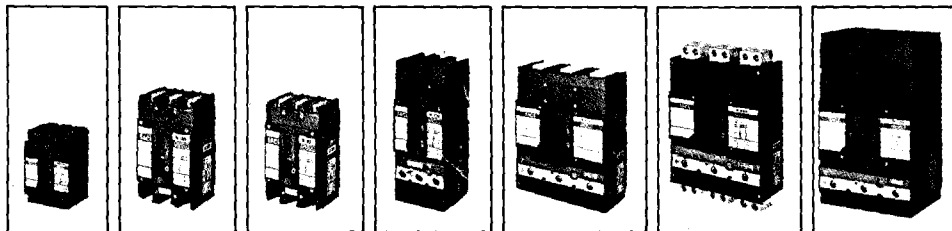
| | LN 32/LN 63 | L 25/100 | LN 125 | LN 200 | LN 320 | LN 500 | LN 800 |
|----------|-------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| V~ | 660 | 660 | 660 (*) | 660 (*) | 660 (*) | 660 (*) | 660 (*) |
| V- | 250 | 250 | 250 (*) | 250 (*) | 250 (*) | 250 (*) | 250 (*) |
| Im - A | 32 / 63 | 100 | 125 | 200 | 320 | 500 | 800 |
| 660V~ | 6 | 12 | 30 | 50 | 75 | 75 | 75 |
| 500V~ | 40 | 30/35 (*) | 50 | 125 | 125 | 125 | 125 |
| kA 440V~ | 45 | 40/50 (*) | 60 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 380V~ | 50 | 50 | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 220V~ | 70 | 65 | 130 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| kA 250V~ | 50 | 65 | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 |

modul

מפסיקי מודול (16...1250 R) (10...70 KA)



NH 125/NH 160 MH 160/MH 250 NH 400/NH 630 NH 800 NH 1000 SH 1250



NR 100 N 125 N 160 N 250 N 400/N 630 N 800 S 1250

אטקה בע"מ חברה לשיווק והפצה

רח' בריכוכבא 6, ת.ד. 917 בני ברק 51625, טל. 03-707146, טלפקס IL FEUCO 33665

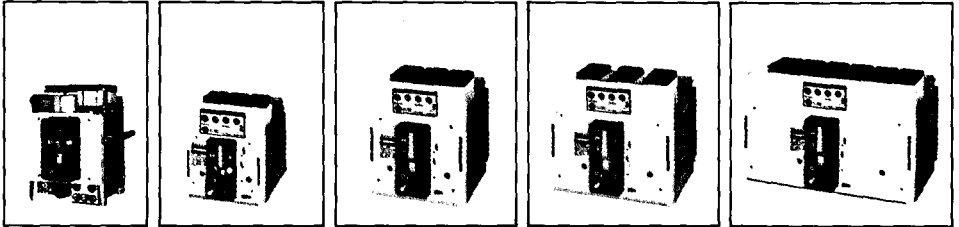


מקבוצת פויכטונגר תעשיות

סע'יה

novomax

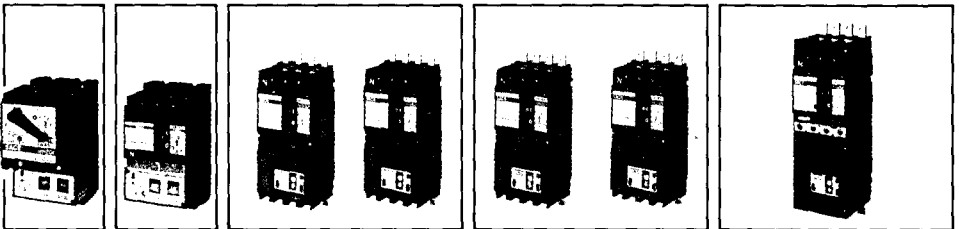
מפסיקי זרם באויר



| | G 30 | | | G 2 | | | G 3 | | | G 4 | | | G 5 | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|------|------|------|------|
| V~ | 660 | | | 660 | | | 660 | | | 660 | | | 660 | | | |
| V- | 250 | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | 250 | | | |
| Im - A | 800 | 1250 | 1600 | 1250 | 1600 | 2000 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | | | 3200 | 4000 | 4500 | 5000 |
| 660V~ | 35 | | | 40 | | | 65 | | | 65 | | | 75 | | | |
| 500V~ | 45 | | | 50 | | | 75 | | | 75 | | | 100 | | | |
| kA 440V~ | 45 | | | 50 | | | 75 | | | 75 | | | 100 | | | |
| 380V~ | 45 | | | 50 | | | 75 | | | 75 | | | 100 | | | |
| 220V~ | 45 | | | 50 | | | 75 | | | 75 | | | 100 | | | |
| kA 250V~ | 40 | | | 50 | | | 75 | | | 75 | | | 100 | | | |

deltatronic

הגנת זליגה לאדמה

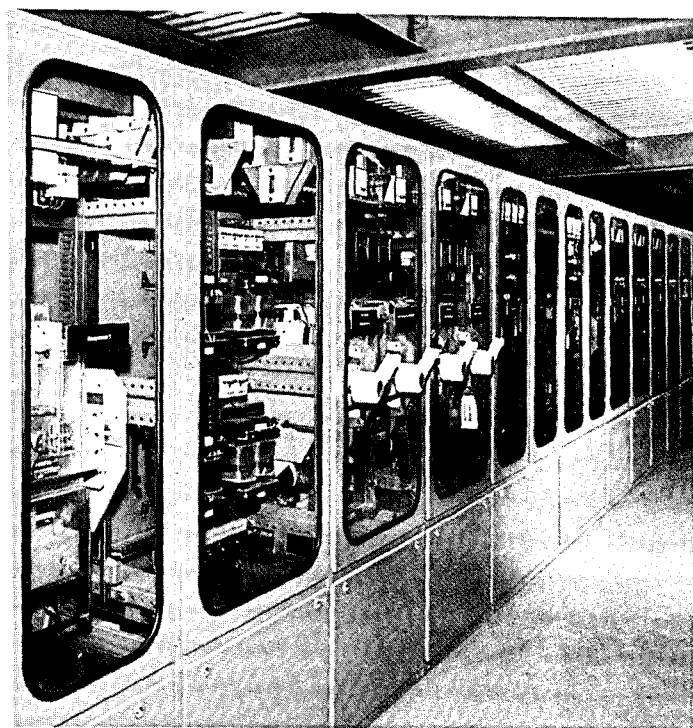


| | DLN 32/63 | | DN 100 | DN 125 / DNH 125 | | DN 160 / DNH 160 | | DN 250 |
|----|------------|---------|------------|------------------------------|--|------------------------------|--|------------------------------|
| V~ | 50-380 (°) | | 50-380 (°) | 220/380 | | 220/380 | | 220/380 |
| A | 32 / 63 | 100 | 125 | 160 | | 250 | | 250 |
| Hz | 50-60 | | 50-60 | 50-60 | | 50-60 | | 50-60 |
| kA | 50 | 10 | 12 / 25 | 16 / 25 | | 25 | | 25 |
| mA | | | | DA 30: 30+300 | | DA 30: 30+300 | | |
| A | 0,03+1 | 0,03+1 | | DB0,3:0,3+1 DB1:1+6 DB5:5+25 | | DB0,3:0,3+1 DB1:1+6 DB5:5+25 | | DB0,3:0,3+1 DB1:1+6 DB5:5+25 |
| s | 0,1+1,5 | 0,1+1,5 | 0,1 + 1 | 0,1+1 | | 0,1+1 | | 0,1+1 |

הערה: כל ערכי הזרם
הנומינלי ב-45°C

סניף צפון: רח' וט ג'ימס 8, מפרץ חיפה, טל. 04-740801
סניף דרום: באר שבע, עמק שדה, רח' החשמלאי 15 טל. 057-371111

קבוצת קצנשטיין אדלר



מערכת מיו

אנו מספקי

קבוצת קצנשטיין אדלר

אנו תמיד קרובים אליך:



מלאי חלפים

בקרת איכות

שרות

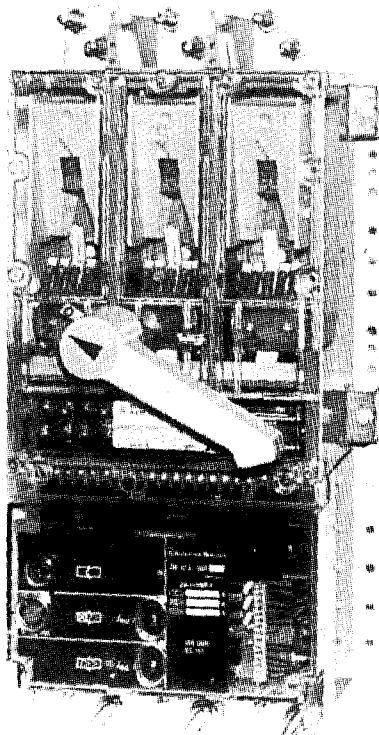
ייצור

תכנון

אמינות

אחריות

איכות



מ.מ.נ.מ.

ג מתח נמוך מושלם במפעל



לוחות לפי תקן בינלאומי

IEC 439 F.B.A

לשם קבלת מידע נוסף
לפנות למשרדינו הטכניים

טל 03-614668
טל 03-614668
טל 03-829469
טל 04-532175
טל 052-24003
טל 051-26719
טל 02-536332
טל 057-35916

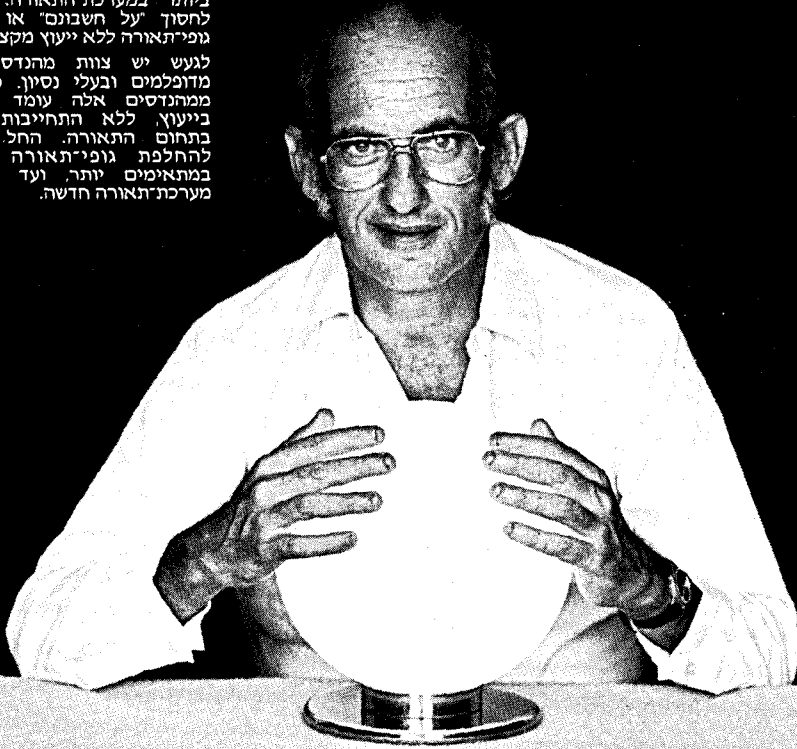
תל-אביב
תל-אביב
תל-אביב
חיפה
כפר-סבא
אשקלון
ירושלים
באר-שבע

קצנשטיין, אדלר תעשיות (1975) בע"מ
קצנשטיין, אדלר ושות' בע"מ
א. הודל-קצנשטיין, אדלר בע"מ
הודסה, אלקטרוטכנית חיפה בע"מ
לוחות והודסת חשמל כפר-סבא בע"מ
קדקו בע"מ
ק.מ.ה. הודסת חשמל בע"מ
ק.א. אלקטרוטכניקה באר-שבע בע"מ

ייעוץ חינוך ממקור ראשון.

ההשקעה הכספית בגופי-תאורה היא הקטנה ביותר מסך כל ההשקעה בתשתית שכוללת: חפירות, כבלים ועמודים. ועם זאת – גופי-תאורה הם החלק החשוב ביותר במערכת-התאורה. אל לך לחסוך "על חשבונם" או להתקין גופי-תאורה ללא ייעוץ מקצועי.

לגש יש צוות מהנדסי-תאורה מדופלמים ובעלי ניסיון. כל אחד ממהנדסים אלה עומד לרשותך בייעוץ, ללא התחייבות מצדך, בתחום התאורה. החל מייעוץ להחלפת גופי-תאורה ונורות במתאימים יותר, ועד להתקנת מערכת-תאורה חדשה.



מפעלי תאורה
געש



גיבוץ געש: טל 8-8985785(052)
מוצרי תכנון: רח הארבעה 8, ת"א טל 03)268251
(בכל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: אהרן-אור, מפרץ חיפה. מול מוסך חושי
טל 04)721321-2

זכר

*תאורת רחוב *תאורת שטח *תאורת בטחון *תאורה תעשייתית *תאורת גנים *תאורת מניס *תאורת חירום.

געש מאירה כל מטרה בשטח

"אורית 9416"
לתאורת כבישים חרכים באזורי
מגורים ובאזורים כפריים.

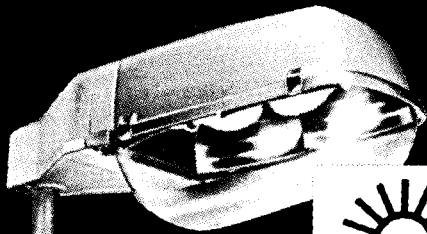


געש מציעה לך מיגוון רחב של פנסים וזרקורים מעולים, העונים על כל צורכי **תאורת החוץ**. החל מתאורה בחניונים ובמבנים ועד לתאורה בצמתיים ובכבישים בין עירוניים.

מוצרי "געש" לתאורת חוץ מצטיינים במבנה חזק ובאטימות מלאה המגינה עליהם מנוזקי האקלים. הם עמידים בפני פגעי קורוזה, קרינה אולטרה סגולה, ונדלזים וכד'. עמידות המורידה למינימום את רמת התחזוקה הנדרשת.



"אמריקן"
לתאורת כבישים ראשיים,
צמתיים וככרות.



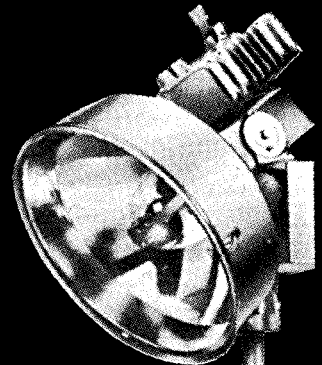
מפעלי תאורה געש

קזבוץ געש: טל. 8-78985(052).
מוצרי תכן: רח' הארבעה 8 ת"א, טל. (03)263267.
ובבל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: זיהר-אור, מפרץ חיפה, מול מוסד חושן,
טל. 3-2-721321(04).

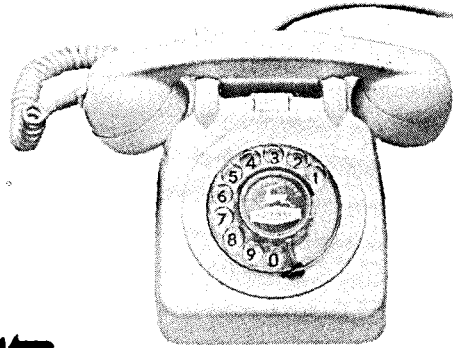
"פיליפס"
התשובה האופטימלית להארת
כבישים בהם דרושה רמת תאורה
גבוהה ואחידה, ללא כל סינוור.



"זוהר"
לתאורת שטח במתקני ספורט,
מבנים, חניונים, תחנות דלק,
גדרות בטוחות וכד'.



"אומני געש"
זרקור המתאים למגרשי ספורט.



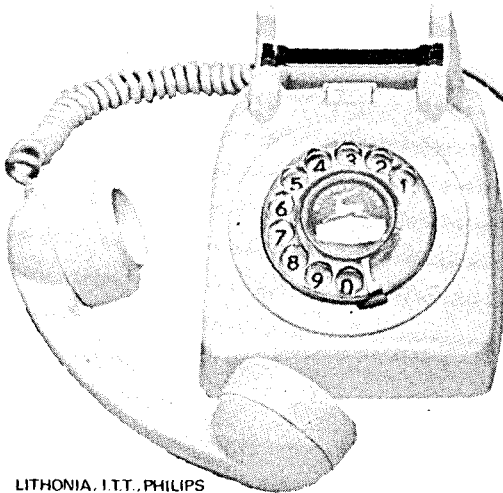
קשר ישיר ממהנדס למהנדס

הפרוייקט שלך אושר, אך המימרט הטכני טרם הושלם. בנושא תאורה למשל, בוודאי היית רוצה לדעת יותר על גופייתאורה מסויימים לפני שתחליט מה מתאים לתכנית התאורה שלך.

למעמים, שיחת מהנדס עם מהנדס יכולה לקצר לך את הדרך למציאת גופייתאורה ונורות נכונים. ד"ר סטרומזה, מי שהיה ראש מחלקת תאורה בעיריית ירושלים, ומהנדס התאורה דניאל קלינה, ישמחו לשוחח אתך. טלפן אליהם, טלפון:

(052)78985-8

הם נעדכנו אותך בכל מה שקשור לגופייתאורה ונורות געש, I.T.T., PHILIPS, ISOCEL, MARLIN, RAB, SPERO, COUGHTRIE, HITEK, LITHONIA, אחריהכל, תאורה היא חלקן הראווה של כל פרוייקט.



LITHONIA, I.T.T., PHILIPS
מספקות שירותי מחשב.

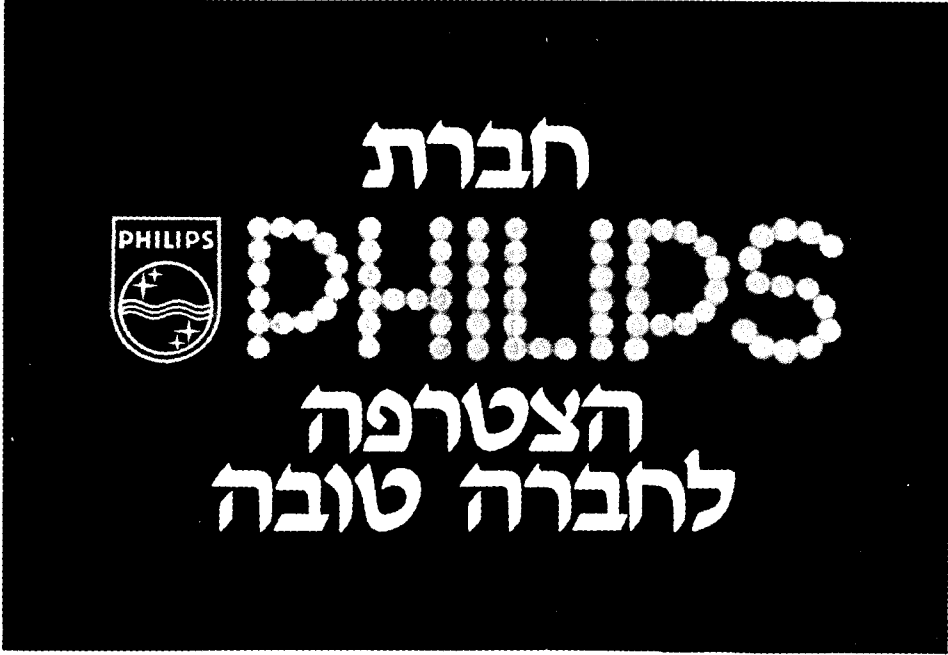
מפעלי תאורה
געש



קיבוץ געש: טל' 8-78985 (052)
מוצרי תכנן: רח הארבעה 8 ת"א טל' 268251 (03)
ובכל מרכזי תכנן בארץ.
אזור העפול: אהר"אור, מפרץ חיפה, מול מוסד חושי.
טל' 2-3-721321 (04)

זמר

*תאורת רחוב*תאורת שטח*תאורת בטחון*תאורה תעשייתית*תאורת גנים*תאורת פנים*תאורת חירום.



מעכשיו אתה יכול לקבל את פיליפס ואת געש בהזמנה אחת. ובמילים אחרות: פיליפס משלימה את המעגל החשמלי של געש עם גופי-תאורה ונורות המפורסמים באיכותם ובעיצובם בכל העולם.

איכות גבוהה אך לא במחיר גבוה. מוצרי פיליפס עולים כמו מוצרים אחרים שנופלים מהם ברמתם. כי מי יכול להתחרות בפיליפס בשליטה המקסימלית על מקור האור, או במיגוון הגדול והחדשני, או בטיב המעולה ובחיים הארוכים של הנורות?

ואם אינך מסתפק בפחות מתכנית תאורה מלאה ומדוייקת - תוכל להיעזר גם בשירותי המחשב של פיליפס. לשם כך, או לקבלת פרטים נוספים - התקשר למחלקת הייעוץ של געש, טלפון 8-78985-052.

מפעלי תאורה
געש 

קניון געש: טל 8-78985 (052)
מוצרי תכן: רח' הארבעה 8, ת"א, טל 268251 (03)
ובכל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: זהר-אור, מפרץ חיפה, מול מוסד חושי,
טל 3-2-721321 (04)

דובר

*תאורת רחוב*תאורת שטח*תאורת בטחון*תאורה תעשייתית*תאורת גנים*תאורת פנים*תאורת חירום.

לחשמלאים, לאנשי תחזוקה בתעשייה הקיבוצית והפרטית

אתה חייב זאת לעצמך !

בימינו אלה כשכל הפיקוד התעשייתי הופך להיות פיקוד אלקטרוני, נוצר ביקוש רב לקורסים הבאים:

א. קורס אלקטרוניקה תעשייתית בסיסי.

ב. קורס מיקרו מחשבים בסיסי.

שני הקורסים הנ"ל מועברים בהצלחה רבה. במוסדנו.

במגמה לשפר את השרות ולתת אפשרות לעוד סקטורים לעבור את תהליך המודרניזציה, הכנסנו שני שינויים מרכזיים בקורסים הנ"ל:

א. חלוקת נושאי הקורסים לפי הסקטורים התעשייתיים

ב. אפשרות קיום קורסים אצלכם, לפי הזמנה (כולל מעבדות).

* כמו כן, נמצא בתוכנית המרכז קורס להכרת שפת APT לתכנון מכונות בליים NC, CNC כחוכנית אינטרקטיבית ומאד ידידותית לאנשים הרוצים להכנס לתחום זה בקלות. אנו כודקים נחיצות הקורס לציבור.

* הכונו לפתיחת מועדון בוגרי "מרכז פיתוח והדרכה", דרכו תהיו מעודכנים בנושאים טכנולוגיים חדשניים וסיוע בפרויקטים תעשייתיים.

נשמח לעמוד לרשותכם בכל הנוגע להדרכה מקצועית.

בברכה
מרכז פיתוח והדרכה

להלן דוגמאות ממגוון הקורסים המתקיימים אצלנו באופן סדיר (למעט השתלמויות מזומנות):

קורס מבני נתונים - מיועד למתכנתים, מנחחי מערכות ומהנדסי תוכנה. קורס זה יתן למשתלם כומן קצר ביותר את הכושר למצוא אלגוריתם מתאים ביותר לבעיתו.

קורס אלקטרוניקה תעשייתית - מיועד לאנשי תחזוקה ללא כל רקע באלקטרוניקה, חשמלאים ואנשי אלקטרוניקה הרוצים להשתלם באופן האפקטיבי ביותר בנושאי אלקטרוניקה תעשייתית.

קורס מיקרו מחשבים - מיועד לאנשי אלקטרוניקה הרוצים להכיר את מבנה המיקרופרוססור והאלמנטים ההקפיים בצורה הנכונה ביותר על מיקרו מחשב תעשייתי, שפותח במיוחד לשם כך (חמרה ותכנה).

יום השתלמות במיקרו מחשבים - מיועד למנהלים אנשי תעשייה והדרכה הרוצים להכיר הכרות עניינית ומהירה את כל המושגים והעקרונות של המיקרו מחשבים.

כמו כן, אנו שמחים להודיע לציבור, שנכנסנו להדרכת רובוטיקה כולל מעבדות עם רובוטים (מאתח החברות המובילות כולל VISION)

לבקשה רבים מבוגרי הקורסים אצלנו, אנו נערכים לקורסים בשפת C ושפת ADA עם מומחים מחו"ל.

באם רצונך להמנות על רשימת התפוצה שלנו - שלח שמך, כתובתך, טלפון, כתובת המפעל ובעיקר - הצעות נוספות. כל הצעה תשקל בעיון.

חדש אבל מוכר!

עכשיו במחירים תחרותיים



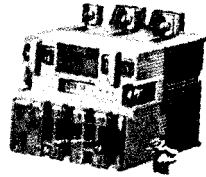
FANAL



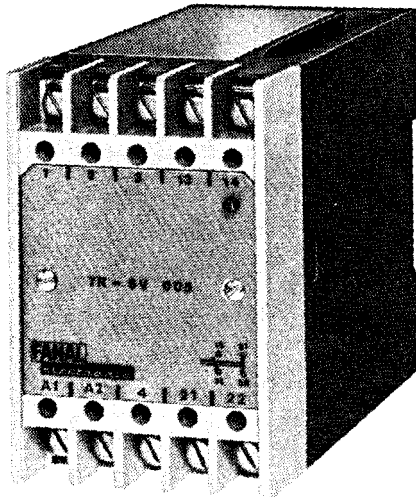
מגעים ומתנעים



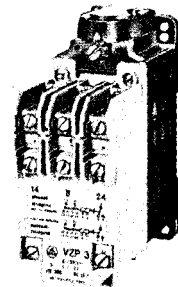
קופסאות אביזרי
אלומיניום ופלסטי
IP 65 או מוגן התפוצצות EX



מוגנים ומתנעים עד 200 קו"ט



יתרות זרם



ממסר — השהייה פניאומטי

ממסרי בקרה אלקטרוניים;
מתח חילופין, מתח אסימטרי, כוון פזות, ממסרי הבהוב,
בקרת גובה נוזל
בקרת גובה, ממסר השהייה אלקטרוני.

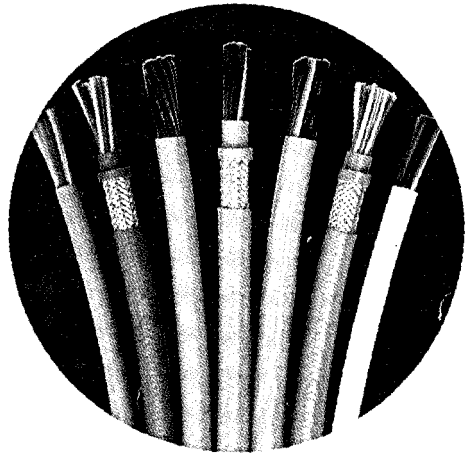
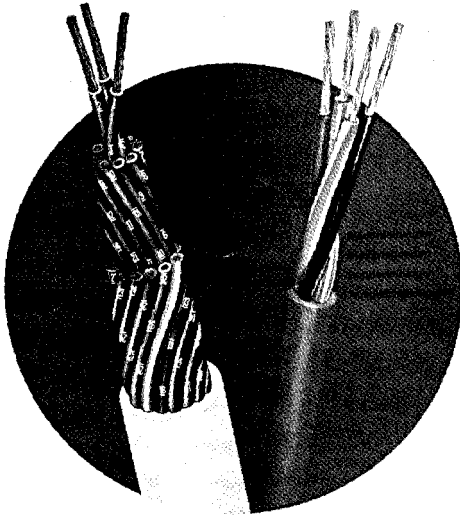
מפיצים בלעדיים בישראל;

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל-אביב, רחוב הרכבת 36 מיקוד 67770 ת.ד. 21810, 61021, טלפון: 376611; 376625

כבלים

חברתנו משווקת כבלים ממלאי שוטף, באורכים לפי דרישה - ממטר אחד ועד אין סוף.
מבחר הכבלים לסוגיהם השונים:
PURFLEX - כבל חזק מאד, גמיש, עמיד בפני דלקים, שמנים וחמרים כימיים, לשימוש בתנאים מכניים קשים.
במלאי מידות 3,4,5 גידים, בשטחי חתך של 0.75, 1.5, 2.5.



כבלי מתח גבוה XLPE.
כבלים שטוחים - לשימוש בעגורנים, מעליות במידות שונות.
כבלים קואקסואליים
כבלי אלקטרוניקה שונים
כמו כן, אנו מספקים כבלים מתוצרת הארץ בכל המפרטים של החברות הגדולות, במחירים נמוכים ושרות מעולה.

SIMI (סיליקון) - כבל גמיש, מיועד לטמפרטורות נמוכות 60- מעלות ועד + 250 מעלות. במלאי מידות 3,4,5 גידים בשטחי חתך מ-0.75 ועד 2.5; כמו כן, בחוטים בודדים במידות מ-0.75 ועד 6.
כבלי פיקוד ומיכשור, רב גידים (עד 61 גידים במלאי), גמישים, ממוספרים וגם מסוככים; ניתן לספק גם במפרטים מיוחדים לפי דרישה.

ניתן לקבל יעוץ בנושא כבלים למיניהם.

סוכנים ומפיצים של:

■ ANIXTER ■ SAB ■ CONZEN - KABEL ■ EHLERSKABEL

קשטן חומרי השמל בט"ח

תל-אביב, 61007, ת.ד. 802, רח' אלנבי 121, טל: 613208, 613925, 03-623854
תל-אביב, רח' קיבוץ גלויות 45, טל: 03-838020, טלקסט: 341292 ASTR IL



מערכות שליטה ובקרה

מערכות פיקוד, שליטה ובקרה.

מקרת מתקנים ומבנים

מערכות שלט רחוק ממוחשבות לפקוד מרכזי, שליטה ועול האחזקה של מתקנים או מבנים, בשילוב עם מערכות בטחון ובטיחות.

מקרת תהליכים

מערכות מיכשור ובקרה קונבנציונליות או ממוחשבות לתעשייה הכימית והפטרוכימית, לתעשיית המלט והפוספטים ולמערכת הבטחון.

מקרת אנרגיה

מערכות שלט רחוק ממוחשבות לפקוד ובקרה על מערכות אנרגיה ארציות, אנוריות ומקומיות לצורך ניהול אופטימלי של אנרגיה, עומסים, שפור האחזקה וכו'.

מקרת מים ודלק

מערכות שלט רחוק ממוחשבות לפקוד, שליטה ופקוד על מתקני קידוח, מאגרי ורשתות מים ודלק, תחנות שאיבה ומסופים.

אלקטרוניקה - EPTAK

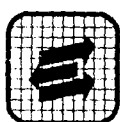
- בקרים מתוכנים (PLC) מתוצרת EPTAK מצטיינים ב:
- מבנה מודולרי והפעלה פשוטה
- תכנות פשוט (3 שפות תוכנה!)
- זכרון עד 48K
- עד 2048 כניסות/יציאות
- תצוגות גרפיות

אלקטרוניקה בע"מ

הנדסת בקרה ומחשבים הנה חכרת בת של אלקטרוניקה בע"מ. עוסקת ב: תכנון, הנדסה וניהול של פרויקטים ומערכות בתחומי הבקרה והמחשבים כולל פתוח עצמי של חמרה ותכנה ייצור עצמי ופקוד על קבלני משנה, אספקת ציוד, הרכבה, התקנה והרצה, חיסון ודרכר איזוקה וגבוי סכני שוטף

אלקטרוניקה בע"מ

צוותי הנדסיים וטכניים מנוסים בתחומי האלקטרוניקה, המיכשור והבקרה, המחשבים והתכנה וכן ציוד אלקטרוני מודרני, בקרים מתוכנתים, מערכות מיקרו מחשבים ומיני מחשבים המאפשרים לחטיבה לקבל על עצמה, ולבצע בשלמות פרויקטים שונים של בקרה – החל מאחספת בקרני מתוכנתים בלבד וכלה במערכות משולבות ורבות היקף.



אלקטרוניקה בע"מ
הנדסת בקרה ומחשבים

רח' ז'בוטינסקי 23, רמת גן. טל: 03-727131

E.I.D. ELECTRONICS

א.י.א.י. אלקטרוניקה

הציוד האוניברסלי שלך
24V - 240V - AC or DC
ביחידה אחת!

 SUNX



פיקוד פוטו אלקטרי

24 V - 240 V
AC or DC

 ZWICKER



גששי קירבה

20 V - 250 V
AC or DC

 Syrelec



קוצבי זמן

10 V - 250 V
AC or DC

ציוד אלקטרוני/חשמלי לפיקוד ובקרה • ELECTRONIC & ELECTRICAL CONTROL EQUIPMENT

א.ד.י.ג. בע"מ, רח' לוי אשכול 62 תל אביב 69361 ISRAEL, TEL-AVIV, 62 LEVI ESHKOL ST., E.D.I.G. LTD.

טל. 03-424131/2 • טלפקס: 341118 BXTV EXT 6539

מחלקת המכירות: מסילת החשמונאים 41 תל אביב. ת.ד. 17200 טל. 333124, 335855, 03-218349

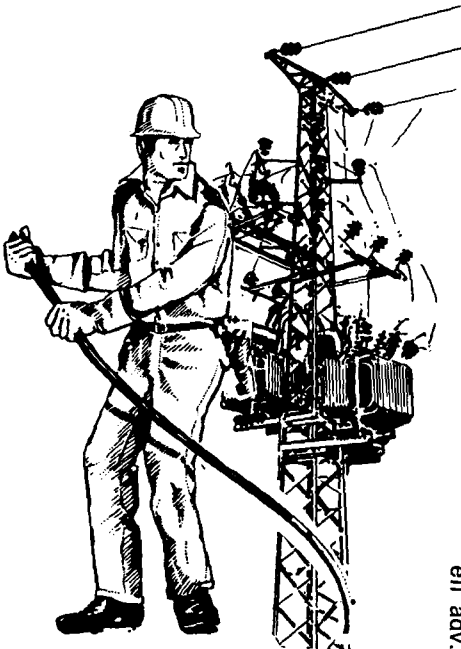
יעד אלקטריקה

שרות וביצוע
עבודות חשמל בע"מ
נצרת עילית.
אזור תעשייה ב'
רח' העמל 3, ת.ד. 609
065-74434 70

מפיצים בלעדיים
בצפון הארץ
לציוד טלמכניק



Telemecanique



eli adv.

למידע נוסף סמן מס' 31/27

"אוריון" חשמל לתעשייה מבנים ורשת

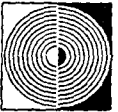
שותפות לבצוע ואחזקת
מתקני חשמל באזור הצפון.
טבריה ת.ד. 457 רח' אילת 1
טל. 6-92455 (067)
בצוע ואחזקה בנושאים הבאים:

- תאורת רחובות, גן ובטחון
- מקלטים ומבנים
- רשתות ותעשייה.
- מחשבים ותקשורת

למידע נוסף סמן מס' 31/25

שטייניץ מפעלי תאורה בע"מ

רח' התעשייה 12 ופינת רח' המסג' 49 תיא
ת.ד. 20230 חיקוד 61201
טל. 4-336043 קיום



דימרים (מעמעמי אורות)

מערכות
ממוחשבות

- לאולמות
- תיאטראות
- במות
- בתי חלון



דימרים מוסתי חום
דימרים מוסתי מהירות למנועים

למידע נוסף סמן מס' 31/26

הצעקה האחרונה של חברת מגגר

MEGGER

איכות של „מגגר“ עם 1 יגה דיגיטלית



מגגר דיגיטלי BMD1

בדיקת בידוד עד $200 \text{ M}\Omega$ ב 500 וולט
רציפות עד 200Ω
בדרך תחומים אוטומטי
זמזום לבדיקת רציפות
ניתוק אוטומטי אחר שעה

סוכן ומפיץ: אוריאל שי בע"מ
רח' הארבעה 16, טל. 03-268328 ת"א

למידע נוסף סמן מס' 31/28

הזמנת מודעות לתקע המצדיע מס' 32



פרסום אלי בע"מ
ת.ד. 4505 חיפה - 31044
טל. 04-667534

*ניתן למסור הנחיות בלבד, ואנו נעצב ונבצע את מודעותיכם לשביעות רצונכם המלאה.

למידע נוסף סמן מס' 31/29

נשן-לא כבת אחת!

במסגרת מסע ההסברה אותו עורכת חברת החשמל בחורף השנה, הופקה עלידי החברה חוברת הסברה בנושא: **חשמל לא בבת אחת - לחורף נעים בביתך!** להלן שני פרקים מהחוברת:

כשאומרים גודל חיבור החשמל לדירה, למה הכוונה?

הכוונה היא לזרם הכולל (באמפרים) של המארז ושל המכשירים, שהינך רשאי לחבר בז'אמנית בדירה.

איך תדע מהו הזרם הכולל העומד לרשותך?

■ אם אתה מתגורר בבנין שבנה לאחר שנת 1975, ובלוח החשמל הדירתי שלך לא מותקן מפסק אוטומטי ראשי: גודל החיבור שווה לזרם הנקוב (באמפרים), המוטבע על גוף המפסק (בדרך כלל - 25 אמפר).

■ אם אתה מתגורר בבנין שבנה לפני שנת 1975 ובלוח החשמל הדירתי שלך לא מותקן מפסק אוטומטי ראשי: גודל החיבור הינו, **בדרך כלל, 20 אמפר.**

■ אם אתה מתגורר בבנין שבנה לפני שנת 1965, ייתכן מצב, שהתנדך הראשי (ה"יפסק") של חברת החשמל משותף למספר דירות: גודל החיבור **המשותף** הינו אז 20 אמפר. במלים אחרות, כדי להעריך מהו גודל החיבור לדירתך, יש לחלק את 20 האמפר הנ"ל במספר הדירות המחוברות לתנך המשותף.

לציין, שבנוסף לגדלים אלה של החיבורים הדירתיים, יש אפשרות לחימוץ - תמורת תשלום מתאים - חיבורים גדולים יותר, למשל: 35 אמפר או 25x3 אמפר (תלד-פאון). חיבורים כאלה, ואף גדולים יותר, קיימים במספר מצומצם של דירות.



מהו העומס המירבי המותר בדירתך?

יש להבדיל בין שני המושגים הבאים:

- העומס המירבי המותר במעגל.
- העומס המירבי המותר במתקן הדירתי כולו.

העומס המירבי המותר במעגל

בכל אחד מהמעגלים בדירה מותקן מפסק אוטומטי או תנדך, על מנת להבטיח את המעגל בפני זרם יתר.

זרם יתר יכול להגרם עיי עומס יתר. עומס יתר הינו עומס העולה על העומס הנומינלי אשר עברור תוכנן המעגל.

במלים אחרות, העומס המירבי המותר במעגל, הינו העומס הנומינלי אשר עברור תוכנן המעגל.

טבלה 1

| גודל התנדך או המפסק האוטומטי | העומס הכולל של המארז ושל המכשירים המותרים להפעלה בז'אמנית במעגל |
|------------------------------|---|
| 10 אמפר | 2200 וט |
| 16 אמפר | 3500 וט |

טעות היא לחשוב, שעל ידי הגדלת תנדך או מפסק אוטומטי, ניתן להגדיל בצורה "יפוטוה" את החספס המירבי המותר במעגל. פעולה זו, כאשר היא מתבצעת ללא הגדלת של חתך מוליכי המעגל בחתאם, עלולה לגרום לשריפה.

העומס המירבי המותר במתקן הדירתי כולו

העומס המירבי המותר במתקן הדירתי כולו הינו מעל יוצא מגודל החיבור של חברת החשמל לדירה.

טבלה 2

| גודל החיבור | העומס הכולל של המארז ושל המכשירים המותרים להפעלה בז'אמנית בדירה (העומס המירבי המותר בדירה) |
|-------------------------|--|
| 25 אמפר | 5500 וט |
| 20 אמפר | 4400 וט |
| 20 אמפר משותף ל-2 דירות | 2200 וט |
| 20 אמפר משותף ל-3 דירות | 1500 וט |

חשוב לציין, שבדירות בהם קיימים שני מונוים (ראח דוגמא ראשונה לעיל), ניתן להפעיל בנוסף לעומס המירבי הנ"ל גם את הודד לחימום מים, המקבל זונה מחיבור נפרד של חברת החשמל.

בדירות בהן קיימ רק מונו אחד (דוגמא שניה), כלל העומס המירבי הנ"ל גם את העומס הטבעי מהפעלת הודד לחימום המים (יבילדו, או דוד השמש).

למשל, קיימ לנו חיבור של 20 אמפר והיבילדו או דוד השמש היום כפלי חספס על 1,500 וט, הם ינוספים בעת פעולתם כ"א מיכולת החיבור.

לתשומת ליבך:

העומס המירבי המותר להפעלה בז'אמנית בדירה כולה (טבלה 2) - קטן מסך כל העומסים המותרים להפעלה בז'אמנית במעגלים של הדירה. למשל, בדירה בה יש 4 מעגלים של 10 אמפר כל אחד, וגודל החיבור שלה הוא 20 אמפר (המאפשר עומס בז'אמנית כולל של לא יותר מ-4,400 וט) אין להעמיס בז'אמנית את כל 4 המעגלים עד למכסימום המותר של 2,200 וט בכל מעגל.

אם נגסה, למרות האמור לעיל, להעמיס בר ז'אמנית כל מעגל אפילו ב-1,500 וט, הרי שסך כל העומס הבר ז'אמנית יהיה 6,000 וט. עומס כזה, עלול על העומס המירבי המותר בדירה (4,400 וט) ועלול לגרום להספקת חשמל כללית בדירה.

זכור!
עומס העולה על העומס המירבי המותר עלול לגרום להזנת (שריפת) התנדך הראשי (ה"יפסק") של חברת החשמל וכתוצאה מכך - לניתוק אספקת החשמל לדירתך.

תיקון התנדך מותר אך ורק לעובד שהוסמך לכך בחברת החשמל. לכן חשוב היטב לפני שהינך מפעיל מספר מכשירים בז'אמנית והשתדל - לא בבת אחת...



המעווינוים בעלון במלואו או בפרטים נוספים, מתבקשים לפנות אל: המחלקה לפיתוח הצריכה, חברת החשמל לישראל בע"מ ת.ד. 8810 חיפה 31086.



השתמש בחשמל בתבונה



התנעת מנועי השראה – בעיות ופתרונות

ד"ר אלברט פלקס

מנוע השראה הוא מנוע שימושי ביותר בתעשייה ובחקלאות, יש להניח שמנועי ההשראה מהווים כיום כ-90% מכלל המנועים החשמליים המשמשים בעולם, ומעל ל-90% מכלל המנועים המשמשים בארץ. היתרונות הבולטים של מנועי השראה הם: מבנה ואחזקה פשוטים ומחיר זול. אך לעומת זאת קיימים במנועי השראה חסרונות גדולים שהם: זרם התנעה גבוה ומומנט התנעה נמוך.

זרם ומומנט של מנועי השראה

חסרונות אלו מבטאים בנוסחאות הכאות המבטאות זרם ומומנט של מנועי השראה, בהנחת זרם המיגנוט.

$$I_2 \approx I_2' = \frac{E_{20} S}{\sqrt{R_2^2 + (X_2')^2}} \quad (1)$$

כאשר:

- I_2 – זרם הרוטור המתוקן
 - E_{20} – כח האלקטרומנוע מתוקן של רוטור בפעולת מנוע ללא עומס (בריקם)
 - R_2 – התנגדות אוהמית מתוקנת של סליל הרוטור
 - X_2' – היגב סליל הרוטור המתוקן במצב מנוחה
 - S – החלקה (מהירות יחסית) של המנוע
- את היגב סלילי הרוטור במצב עבודה נסמן ב- X_{2s} ולכן:

$$X_{2s} = 2\pi f_2 \Delta_2 \quad (2)$$

כאשר

- f_2 – תדירות הזרם ברוטור
 - Δ_2 – השראות סלילי הרוטור
- ראוי להזכיר כי תדירות הזרם ברוטור תלויה בהחלקה של המנוע ובתדירות הרשת f_1 כלומר:

$$f_2 = f_1 S \quad (3)$$

והתוצאה המתקבלת היא:

$$X_{2s} = 2\pi f_1 \Delta_2 S = X_2 \cdot S \quad (4)$$

כלומר, ההיגב של סלילי הרוטור תלוי בהחלקה ואו במהירות) של המנוע. בהתנעה, החלקת המנוע היא $S=1$ כאשר בעבודה בעומס נומינלי ההחלקה היא $S_n = 0.005 + 0.002$ אם נציב את מספרי החלקה בהתנעה ובעבודה נומינלית לנוסחה (1), נוכל לראות כי הזרם בהתנעה גדול פי 7 + 5 מהזרם הנומינלי.

■ המומנט האלקטרומנועי של המנוע

המומנט האלקטרומנועי של מנוע השראה מבטא בנוסחה הבאה:

$$M_{em} = C_M \Phi_m I_2 \cos \varphi_2 \quad (5)$$

כאשר:

- C_M – קבוע המומנט
 - Φ_m – השטף המקסימלי
 - φ_2 – זווית המופע בין I_2 ל- E_2
- מכיון שההיגב בהתנעת המנוע גבוה מאד, לכן זווית φ_2 גדולה מאד. $\cos \varphi_2$ קטן מאד והיא גורם מכריע בנוסחה (5). לכן מומנט ההתנעה קטן יחסית ואינו מגיע במנוע עים סטנדרטיים לערך הגבוה יותר מאשר פי 2.4 מהמומנט הנומינלי.

ד"ר א. פלקס – המכללה הטכנולוגית אורט ע"ש א. סינגלוכסקי, תל-אביב.

זרם ההתנעה הגבוה משפיע בעיקר על רשת ההזנה של המנועים, וגורם למפלי מתח גבוהים בקווי ההזנה, בעיקר קר כאשר הם ארוכים (לדוגמא קווי הזנה בפרדסים). מפלי המתח בקווי ההזנה משפיעים גם על פעולתם התקינה של המנועים הסמוכים למנוע המופעל. המומנט של מנוע השראה תלוי ביחס רבוע למתח ההזנה, כדלקמן:

$$\frac{M'}{M} = \left(\frac{U'}{U} \right)^2 \quad (6)$$

כל שינוי במתח ההזנה של מנועים הפועלים בפעולה סדירה, ובפרט אלו הפועלים בעומס הקרוב לנומינלי, מביא במידה רבה להקטנת המומנטים של המנועים ומשפיע על תקינותם.

בכללי אספקת החשמל לצרכנים" ואמד, בפרק 5 – "שיטות אספקת החשמל", (בסעיף ה'), "מנועים מעל ל-3 כ"ס, יש לצייד בדרך כלל במכשירי התנעה מתאימים, אלא אם החברה תאשר אחרת בכל מקרה ומקרה".

במלים אחרות: יש להשתמש בשיטת התנעה כלשהי, אלא אם חברת החשמל תאשר התנעה ישירה. יש להדגיש כי ההתנעה הישירה איננה מוזיקה כלל למנועי השראה, ומצטיינת בהתנעה מהירה ובמחיר התקנה נמוך.

במקרים אשר בהם אין אישור או אפשרות להתנעה ישירה, יש לבצע התנעה מדורגת אשר מורידה את זרם ההתנעה עד לערכים הרצויים. מתוך מספר רב של שיטות ההתנעה נדון כאן רק בשיטות המעשיות והמקובלות בארץ, ולא נתייחס למניעים עם תכונות התנעה משופרות (מנוע עם כלוב כפול ומנוע עם חריץ עמוק וכו').

שיטות התנעה של מנועים עם רוטור כלוב

במנועי השראה עם רוטור כלוב ישנה אפשרות לבקר אך ורק את מעגל הסטטור לכן שיטות ההתנעה של מנועים אלו מבוססות על שינוי מתח ההזנה של המנוע במהלך ההתנעה, וציון כאן שיטות עיקריות:

- התנעה על ידי "כוכב משולש"
- התנעה בעזרת שנאי בו (אוטוטרנספורמטור).
- התנעה על ידי מתנע אלקטרוני.

■ התנעה בשיטת "כוכב משולש"

שיטה זו מבוססת על העברת מנוע השראה בזמן ההתנעה לחיבור "כוכב".

מתח ההזנה של מנוע קטן בזה פי $\sqrt{3}$ ובעקבות כך גם הזרם של סלילי המנוע קטנים פי $\sqrt{3}$ והזרם במוליך ההזנה קטן פי-3. גם מומנט ההתנעה קטן פי-3 במתחי ההזנה המקובלים בארץ, אפשר להשתמש בשיטה זו רק כאשר המנוע בנוי לפעולה רגילה בחיבור "משולש" במתח נומינלי קוי של 380V. הקטנת המומנט של המנוע במידה משמעותית מאפשרת שימוש בשיטה זו רק

- אין אפשרות לשנות את דרגות הזרם בהתנעה.
- תלות גדולה במומנט ההתנגדות של העומס.
- צורך בכבל ההזנה בעל שישה מוליכים.
- ניתוק בלתי נמוע במעגל הסלילים בזמן העברה מ"כוכב" ל"משולש".

השימוש בשיטה זו מומלץ רק עבור מנועים בעלי הספי קים נומינליים עד 50-60 כ"ס בלבד.

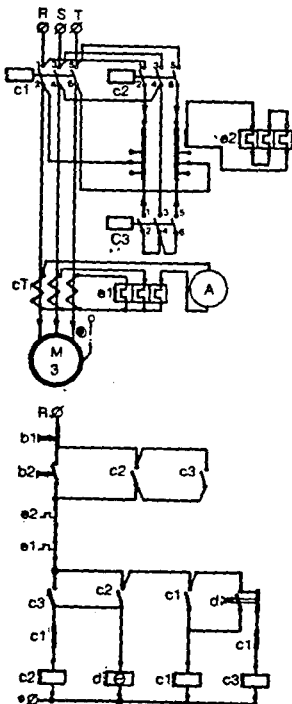
התנעה בעזרת שנאי-בו (אוטוטרנספור-מטור)

בשיטה זו מקבלים את אותם היחסים בין הזרמים והמומנטים בהתנעה, שהתקבלו בשיטה הקודמת: מומנט ההתנעה זרם הרשת קטנו ביחס רבוע להקטנת המתח, והזרם בסלילי הסטטור יקטן ביחס ישר, אך ישנה אפשרות לכהור ולשנות את דרגות הקטנת הזרם. במלים אחרות, מתנוע עם שנאי-בו ניתן להתאמה ביתר דיוק למומנט ההתנגדות של המנוע.

בדרך כלל יצרנים מייצרים שנאי-בו עם 3 דרגות להקטנת המתח: 80%; 68%; 50%. הדרגות אינן סטנדרטיות ונקבעות על ידי היצרנים. כיוון שמשך זמן ההתנעה די קטן (מספר שניות) ההספק של השנאי-בו מוקטן והוא בדרך כלל נקבע לכי-10% מההספק הנומינלי של המנוע. ברוב המקרים שנאים אלו הם בעלי שני סלילים המחוברים ב"משולש פתוח", דבר המחיל במידה ניכרת שנאים אלו ומספק לכל הפאזות של המנוע מתחים סימטריים ומוקטנים לפי הצורך.

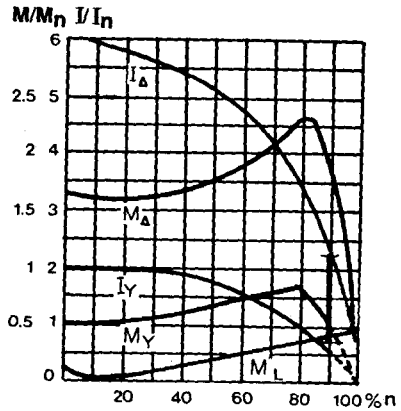
כאשר מנוע מוזן מגנרטור חרום, יש להתאים את דרגת ההתנעה של המנוע גם לתנאי הפעולה של הגנרטור. במחנע עם שנאי-בו יש אפשרות למנוע את ניתוק מעגלי הסלילים במנוע ברגע ההעברה ממתח מוקטן למתח מלא.

ציור 3 מעגל כח ופיקוד של מנוע בהתנעה בעזרת שנאי-בו



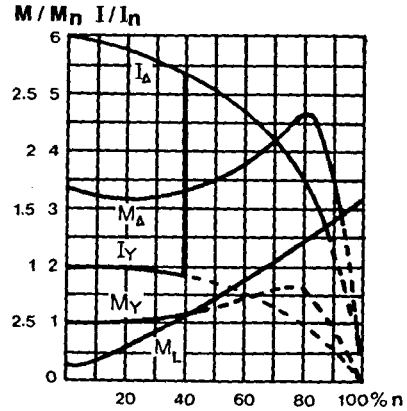
במקרים בהם מומנט ההתנגדות של המנוע M_L (מומנט העומס) אינו גדול בזמן ההתנעה, ויש אפשרות לעבור לחיבור משולש במהירות הקרובה לנומינלית (ציור 1).

ציור 1 עקומת ההתנעה בשיטת "כוכב-משולש"



כאשר מומנט ההתנגדות גדול יותר יש להעביר את חיבורי המנוע במהירות נמוכה, דבר הגורם "לקפיצת" זרם גדולה, כמעט כמו בהתנעה ישירה (ציור 2).

ציור 2 עקומת ההתנעה בשיטת "כוכב-משולש" כאשר מומנט ההתנגדות גדול



יש גם לציין שאת ההעברה מ"כוכב" ל"משולש" לא ניתן לבצע ללא ניתוק סלילי המנוע ביניהם. כאשר העברה מתבצעת במהירויות קטנות וזרם גדול, כמות אנרגיה ניכרת אשר אגורה בתוך הסלילים מביאה ליצירת מתחים גבוהים על קצות הסלילים ומסכנת את סלילי המנוע על ידי פריצת מתח אפשרית ויוצרת לעיתים ניצוצות בין מגעי המנוע.

יתרונות השיטה

- הקטנת זרם ההתנעה.
- התקנה זולה יחסית.

חסרונות השיטה

- אפשרות רק למנועים שהחיבור הרגיל שלהם הוא ב"משולש".

בציור 4 מודגם מעגל הכח של מתנע אלקטרוני אשר כולל 3 תיריסטורים המבוקרים על ידי פיקוד אלקטרוני. ני ר3 דיודות המחובדות "גב אל גב" לתיריסטורים ומעבירים את החלקים השליליים של הסינוסואידות. על ידי שינוי של זווית ההצתה של התיריסטורים אפשר לשנות מתח על הדקי המנוע בהתאם לדרישות ההתנעה ולבצע התנעה רצויה ומבוקרת. המתנע מאפשר לבצע התנעה בשתי דרכים:

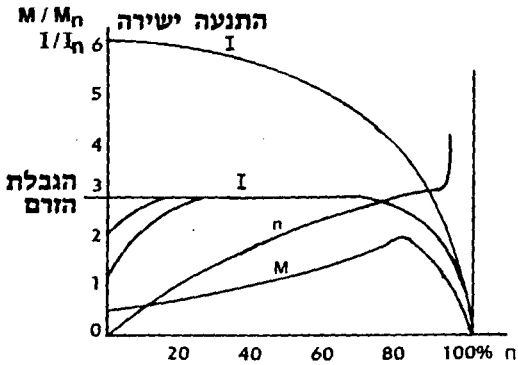
■ **בקרה בחוג פתוח**

בבקרה זו זמן ההתנעה הוא קבוע ונקבע מראש ואי נו תלוי בזרם ההתנעה, אך מומנט ההתנעה הוא המקסימלי האפשרי במשך כל תהליך ההתנעה.

■ **בקרה בחוג סגור**

כאן קצב עלית המתח למנוע תלוי בזרם ההתנעה. המערכת מגבילה את זרם ההתנעה עד לערכים הוקבעים מראש וזמן ההתנעה תלוי בעומס של המנוע.

ציור 5 עקומת ההתנעה בעזרת מתנע אלקטרוני



בציור 5 מודגמות עקומות של זרם ומומנטים בהתנעה בחוג סגור. מתנע זה מגן על המנוע בפני יתר וחוסר פאזה באמצעות אותו פיקוד אלקטרוני.

יתרונות המתנע

- המערכת היא סטטית ללא חלקים נעים ורעשים.
- החזקה פשוטה וזולה
- אין צורך בממסרי יתרת זרם וחוסר פאזה.
- ההתנעה מבוקרת (זרם ומומנט) לפי דרישות מכונת העבודה.
- מספר פעולות כמעט בלתי מוגבל.

חסרונות המתנע

- מעבר זרם דרך חצאי המוליכים (תיריסטורים ודיודות) יוצר חום ניכר, דבר שמגביל את מספר הפעולות בשעה ומחייב תשומת לב לתנאי הקירור של המחנע.
- אין ניתוק מרשת ההזנה (קיים פוטנציאל על הדקי המנוע במצב מנוחה).

התנעה מבוקרת ורצויה מתבצעת גם במערכות אלקטרוניות לזיוסות מהירות של מנוע ההשראה באמצעות אינטורים אלקטרוניים, במערכות אלה, תהליך ההתנעה הוא חלק בלתי נפרד של פעולת המעי רכת כווסתי מהירות וזאת מאפס עד המהירות הרצויה.

בציור 3 מודגמת תכנית כח ופיקוד של מנוע המותנע בעזרת שנאי-בו. בציור זה, מגעונים C_2, C_3 הם מגעוני התנעה, מגעון C_1 - מגעון עבודה (חיבור ישיר). זמן ההתנעה נקבע על ידי קוצב זמן d ואפשר לקבוע אותו בהפעלה ויסיונית בזמן החזרת מחוג האמפרמטר לאחר "קפיצת" הזרם בהתנעה. מגעון C_2 יוצא מפעולה רק לאחר כניסת מגעון C_1 אשר מחבר את המנוע להזנה במתח מלא.

הדבר מנוע ניתוק מעגל סלילי המנוע במהלך ההתנעה. יש לציין שרק מגעון C_1 חייב להתאים להספק הנומינלי של המנוע. מגעון C_2 יכול להיות בדרגת הספק אחת פחות מזו של מגעון C_1 , ומגעון C_3 יכול להיות בשתי דרגות הספק פחות מזו של מגעון C_2 , וזאת עקב זמן פעולתם הקצר והתנתקותם היא בעצם ללא עומס. שלושה שנאי הזרם C_1, C_2, C_3 וממסר יתרת הזרם e_1 מגינים על המנוע בפני עומס יתר. סליל נוסף של השנאי-בו וממסר יתרת זרם e_2 מגינים על השנאי-בו בפני פעולה ממושכת. הסליל הנוסף מורכב מ-1 ÷ 3 כריכות מלופף פות סביב אחד מהסלילים של השנאי-בו. במהלך ההתנעה זרם זרם גבוה מאד דרך האלמנטים של ממסר יתרת זרם e_2 הוא מונק את מעגל הפיקוד של המנוע. יש לכוון את ממסר e_2 כך שיפעל תוך 15 ÷ 20 שניות מתחילת ההתנעה.

יתרונות השיטה

- אפשרות לקביעת דרגת ההתנעה (הקטנת מתח ההזנה).
- אין הגבלה לצורת החיבור של סלילי המנוע ולהספקו.
- קיימת אפשרות למנוע ניתוק במעגל סלילי המנוע ברגע העברתו של המנוע ממצב התנעה במתח חלקי למתח מלא.

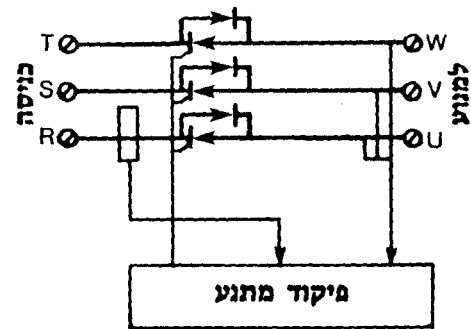
חסרונות השיטה

- מערכת יקרה יותר בהשוואה לשיטה הקודמת.
- מחייבת מערכת הגנה לשנאי-בו בפני פעולה ממושכת.
- מספר ההתנעות בשעה מוגבל (בגלל התחממות השנאי-בו).

התנעה בעזרת מתנע אלקטרוני (שיטה חדישה)

עקרון הפעולה של מתנע אלקטרוני מבוסס על שינויי מתח על הדקי המנוע בהתאם לתנאי ההתנעה. שינוי המתח נעשה על ידי חיתוך הסינוסואידה של מתח הרשת בעזרת תיריסטורים (SCR) וקבלת מתח נמוך יותר.

ציור 4 מעגל-כח של מתנע אלקטרוני



■ שיטות התנעה של מנועי השראה עם רוטור מלוּפף

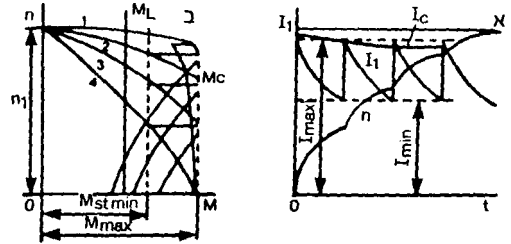
מהנוסחה (1) אפשר לראות שזרם ההתנעה ניתן להקטין גם על ידי הגדלת ההתנגדות האוהמית של מעגל הרוטור R_2 .

הגדלת ההתנגדות של הרוטור מביאה להקטנת הזרם I_2 בין זרם הרוטור I_2 וכא"מ E_2 וכתוצאה מכך עולה המומנט האלקטרומגנטי M_{em} (ראה נוסחה 5).

יש לציין גם שהמומנט המקסימלי של המנוע אינו תלוי בהתנגדות הרוטור, לכן על ידי הכנסת נגד מסויים במעגל הרוטור ניתן להגיע עד מומנט התנעה השווה למומנט המקסימלי (ציור 6א').

ציור 6

עקומת ההתנעה של מנוע עם רוטור מלוּפף.



ההתנעה על ידי הכנסת נגדים במעגל הרוטור אפשרית עבור מנועי השראה עם רוטור מלוּפף. במנועים אלה, שלושת סלילי הרוטור עשויים בדומה לסלילי הסטטור ומחוברים לטבעות החלקה, בעזרת מברשות קיימת אפשרות לחבר בטור נגדים נוספים או לקצרם בדומה למנוע עם רוטור כלוב.

■ התנעה על ידי הכנסת קבוצות נגדים

בשיטה זו משתמשים בקבוצות נגדים אשר מגבילים את זרמי ההתנעה בגבולות הרצויים (ציור 6ב'), כאשר המומנט בהתנעה נע בין M_{min} ל M_{max} . (ראה ציור 6א'). קבוצות הנגדים (שלושה בכל קבוצה, קבוצה אחת לכל פאזה) מוצאים מפעולתם (מתקצרים) כאשר זרם ההתנעה (מומנט) מגיע עד למינימום שנקבע.

הפיקוד מתבצע כפונקציה של זמן (על ידי קוצבי זמן) של זרם (באמצעות ממסרי זרם), ושל מהירות (באמצעות ממסרי מהירות).

יתרונות השיטה

- התנעה במומנט הקרוב למקסימלי.
- זרם התנעה מוגבל עד לערכים הרצויים.
- קיימת אפשרות לשינויי מהירות המנוע ללא אמצעים נוספים.

חסרונות השיטה

- מערכת (כולל נגדים) יקרה מאד ומעגל פיקוד מורכב.
- הפסדי אנרגיה גדולים.

ראוי להדגיש כי עלות מנוע עם רוטור מלוּפף גבוהה בהרבה בהשוואה למנוע עם רוטור כלוב לכן מומלץ לשקול שימוש במתנע נגדים רק עבור מכונות עבודה הדורשות מספר התנעות גדול והמצטיינים במומנט ההתנגדות גבוה בהתנעה (מתקני הרמה).

■ התנעה על ידי מתנע בעל שינוי התנגדות רציפים ברוטור

מניתוח העקומות שבציור 6, מגיעים למסקנה שבזרם התנעה שנקבע, ניתן לבצע התנעה במומנט קבוע הש"ו למומנט המקסימלי, כאשר מספר דרגות ההתנעה מגיע בעצם לאין סוף.

ראוי לציין שבמנוע השראה מתקיים תהליך אוטומטי טבעי התלוי בשינוי החלקה (מהירות) והמתבטא בשינוי תדירות הזרם ברוטור f_2 (ראה (3)).

כאשר אנו קושרים את תהליך השינוי של התנגדות מעגל הרוטור עם שינויי תדירות הזרם ברוטור, מאפשר הדבר לבצע התנעה חלקה ובמומנט מקסימלי קבוע.

יתרונות השיטה

- התנעה בזרם ומומנט קבועים ורצויים, התנעה רכה.
- זמן התנעה מינימלי והפסדים קטנים.
- מערכות עזר פשוטות.

חסרונות השיטה

- אין אפשרות לשינוי מהירות המנוע (במתקני הרמה).
- זרם ההתנעה גדול במקצת (בהשוואה עם השיטה הקודמת - באותו מומנט התנעה).

התנעת מנועים חד-פאזיים

כידוע מנוע השראה חד-פאזי אינו מפתח מומנט התנעה כלל ויש להשתמש במתקנים מיוחדים כדי להתניע מנוע במומנט ההתנעה הדרוש. יחד עם זאת אין לדבר על הגבלת זרמי התנעה כיוון שבדרך כלל הספק מנועים חד-פאזיים אינו עולה מעל 3 כ"ס.

המתקן הנפוץ ביותר להתנעת מנועים חד-פאזיים הוא סליל התנעה נוסף עם נגד או קבל המחובר בטור עמו. השדה המגנטי המיוצר על ידי סליל התנעה כלפי השדה המיוצר על ידי סליל העבודה.

שני שדות מגנטיים הנמצאים בזווית מופע שונה, זה לעומת זה מייצרים שדה מסתובב שקול ועל ידי כך נוצר מומנט ההתנעה הדרוש.

מקובל יותר להשתמש בקבלים המחוברים בטור לסליל ההתנעה.

יצרני מנועים חד-פאזיים מספקים בדרך כלל את קבלי ההתנעה. רצוי לדרוש מן הספק את הנתונים החשמליים של הקבל בכדי שלא תיווצר בעיה בקביעת הספקו או קיבוליותו (במידה ויהיה צורך להחליפו). את ערך הקבל (C) ניתן לחשב לפי הנוסחה הבאה:

$$C = \frac{10^6}{2\pi \Phi_s X_{st}} [\mu F] \quad (7)$$

כאשר:

$$X_{st} = (14 \div 16) X_k \quad \text{— היגב המנוע בהתנעה}$$

$$X_k \quad \text{— היגב המנוע בקצור.}$$

את X_k ניתן לקבוע באמצעות ניסוי בקצר וזאת על ידי העלאה הדרגתית של מתח המנוע (ללא קבל) עד לזרם הנומינלי שלו.

ברוב המקרים ובעיקר כאשר המנוע מותנע בעומס (מכונות כביסה) ניתן לקבוע את ההספק הדיאקטיבי של הקבל $[kVA_r - r_2 O_c]$ לפי הנוסחה:

$$O_c = P_n \quad (8)$$

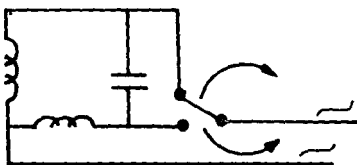
כאשר:

$$P_n \quad \text{— ההספק הנומינלי של המנוע (kW)}$$

את הפיכת כיוון הסיבוב של מנוע חד-פאזי ניתן לבצע באמצעות חיבור של שני סלילים זהים וקבל כאשר מקור מתח ההנה מחובר בין נקודת החיבור המשותפת של שני סלילים ואחת מהנקודות המשותפות בין הסלילים והקבל (תלוי בכיוון הסיבוב הרצוי של המנוע (ראה איור 7)).

איור 7

תרשים הפיכת כיוון סיבוב של מנוע חד-פאזי



רכב השמלי – מוצב פיתוח עכשווי

ניסוי והפעלה על ידי חברת החשמל

אינג' יגאל פורת, אינג' אנטול שופלברג

רקע

המעקב אחר נושא פיתוח הרכב החשמלי בעולם נעשה, מזה שנים רבות, בחברת החשמל על ידי האגפים: מסחרי, שירותים ומל"ח וכן אגף מחקר ופיתוח אשר ערך שני דו"חות, (ב-1975 וב-1981) מבוססים על סקר ספרות מקצועית. בהתאם להמלצה של אגף מחקר ופיתוח ואגף שירותים ומל"ח, למנכ"ל חברת החשמל, נערך במרץ 1982 דיון בנושא במועצת המנהלים. באותו דיון נקבע שחברת החשמל תפעל במטרה לרכוש ולהפעיל באופן ניסיוני רכב חשמלי לצרכי החברה וכן תעודד שימושים נוספים של רכב חשמלי בארץ.

שימוש נרחב ברכב חשמלי בארץ, בטווח הארוך, עשוי לשפר את ההעמסה בשעות הלילה של תחנות הכוח המוסקות בפחם (באמצעות טעינת המצברים של הרכב החשמלי בלילה) ועלידי כך להקטין את תלות המדינה בדלק נזולי, תוך יתרונות סביבתיים ניכרים (רעש זיהום אוויר).

בקיץ 1983 נערך סיור מקצועי באירופה לבדיקת המצב העכשווי של הרכב החשמלי מבחינת הייצור, הנסיון התפעולי ואפשרויות הרכישה.

לאחר הדיון על תוצאות הסיור, אשר נערך בהנהלת חברת החשמל, הוחלט על ניסוי עם 4 מכוניות חשמליות במטרה ליצור ידע בדוק ומעשי בנושא, להדגים את אפשרויות השימוש והביצועים ולבדוק את האספקטים הכלכליים, התחבורתיים והאקולוגיים. אגף שירותים ומל"ח – תחבורה ומוסכים בחברת החשמל מטפל כיום בקידום הנושא.

מאפייני הרכב החשמלי

- שיפור הנצילות האנרגטית
- הרכב החשמלי מצטיין בנצילות כוללת גבוהה יותר בהשוואה לרכב הרגיל כפי שגראה להלן: (טבלה 1)

השימוש ברכב חשמלי כאלטרנטיבה לטווח ארוך לרכב בעל מנוע שריפה פנימית, טומן בחובו יתרונות רבים וחשובים כיום ועוד יותר לעתיד לבוא.

טבלה 1

שיפור הנצילות האנרגטית

| סוג הרכב | התהליך האנרגטי והנצילות (%) | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-------------------|----------|------------|----------|
| | א | | ב | | ג | |
| | תהליך | נצילות % | תהליך | נצילות % | תהליך | נצילות % |
| רכב חשמלי | ייצור חשמלי | 35 | מצבר חשמלי | 70 | מנוע חשמלי | 90 |
| רכב בניזן | זיקוק נפט | 91 | מנוע שריפה פנימית | 15 | | |
| רכב מנוע בדלק סינטיטי | ייצור דלק סינטיטי | 55 | מנוע שריפה פנימית | 15 | | |

* מפחם ואולי, בעתיד, מגרעין.

הקטנת התלות בדלק הנזולי

הרכב החשמלי מקטין את התלות בדלק הנזולי המתיקר, אשר יתכן שבעתיד יהיה קשה יותר להשיגו. את החשמל הדרוש לטעינת המצברים ניתן יהיה לייצר מפחם, מגרעין וכן ממקורות אנרגיה מתחדשים כמו שמש, רוח ואנרגיה הידרואלקטרית.

הקטנת זיהום אוויר ורעש

שימוש גובר ברכב חשמלי יקטין במידה רבה את זיהום האוויר ואת הרעש בראש וראשונה בערים הגדולות.

מן הראוי לציין שרכב ממוצע, בעל מנוע שריפה פנימית, פולט כ-40 גרם גורמים מזוהמים לק"מ נסיר עה וזאת לטביבה הקרובה בה אנו נושמים. לעומת זאת, רכב חשמלי אינו גורם לזיהום כלשהוא

אינג' י. פורת, אינג' א. שופלברג – אגף מחקר ופיתוח, חברת חשמל,

בסביבתנו ואילו היהיה הנפלט דרך הארובות הגבר הות של תחנות הכח, המייצרות את החשמל לטעיני נת מצברי הרכב החשמלי, מוערך בכ"צ גרם לק"מ נסיעה.

■ שיפור מקדם העומס

שימוש גובר ברכב חשמלי יתבטא ביתרונות טכנו-כלכליים למשק החשמל בכך שיושג שיפור במקדם העומס הארצי ותשתפר נצילותן של תחנות הכח הבסיסיות.

מצב פיתוח המצברים

אין ספק שהמצברים - מקור האנרגיה הישיר של הרכב החשמלי - הם המפתח להצלחת הנושא בעתיד. מצבר העתיד צריך להיות קומפקטי יותר, קל יותר, בעל אורך חיים גבוה יותר וצפיפות גדולה יותר של אנרגיה והספק בהשוואה למצברים המקובלים כיום. כיום, מצבר העופרת הינו המקובל ביותר וזאת מכיון שעדיין לא נמצאו פתרונות משביעי רצון למספר בעיות של המצברים העתידיים. מן הראוי לציין בקצרה כמה מן המצברים המבטיחים אשר עשויים להיות בשימוש בעתיד הקרוב ובעתיד הרחוק יותר.

בעתיד הקרוב צפוי פיתוח של מצברי:

- ברזל-אוויר Fe-Air
- אבץ-תמיסת כלור $Zn - Cl_2 \cdot H_2O$
- ניקל ברזל Ni-Fe
- ניקל אבץ Ni-Zn

בעתיד הרחוק יותר צפוי פיתוח של מצברי:

- נתרן-גופרית Na-S
- חמרן-אוויר Al-Air

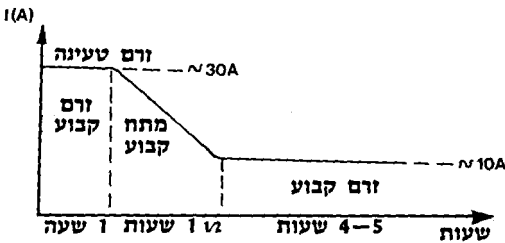
מערכות לטעינת מצברים (מטענים)

כיום עושים מאמץ לפתח מערכות "חכמות" לטעינת מצברים כלומר, מערכות אשר יכולות להתאים את תוכנית הטעינה למצב הפריקה של המצבר. מערכות אלו יכולות להאריך את חיי המצבר ולהגדיל את טווח הנסיעה. החשיבות של מערכות "חכמות" יותר היא גדולה במיוחד על רקע העובדה שלא קיימת עדיין אלטרנטיבה למצברי העופרת. כמו כן חשוב לציין שכיום ניתן כבר לרכוש מטענים קלים המורכבים על הרכב עצמו (Onboard) וזאת בנוסף למטענים הנייחים הכבדים.

דוגמא לתהליך הטעינה של מצבר עופרת, מפורק עד כדי 20% מובאת באיור 1.

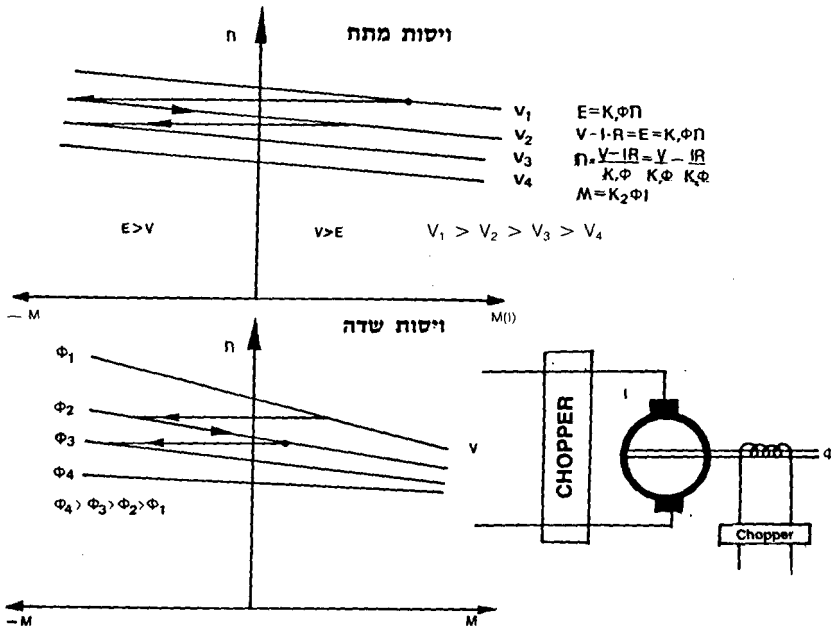
איור 1

דוגמא לתהליך הטעינה של מצבר עופרת



איור 2

וויסות מהירות



התקופתית של מים, מהווה את המרכיב העיקרי של זמן האחזקה הכולל של רכב חשמלי. על מנת לייעל את נושא תוספת המים פותחו מערכות אוטומטיות המאפשרות להוסיף מים בצורה מאוזנת לכל התאים בבת אחת.

מאיור 1 ניתן לראות שזמן הטעינה הדרוש מתאים יפה למספר שעות שפל במערכת הארצית.

מערכת אוטומטית לתוספת מים למצברים הזמן הדרוש לטיפול במצברים, בעיקר לצורך התוספת

מערכות הנע וויסות

הגודל הטפוסי של המנוע החשמלי אשר מניע את הרכב נע בין כ"ס עד 24 כ"ס עבור רכב חשמלי קטן ו-50 כ"ס או יותר עבור משאיות ואוטובוסים חשמליים. כיום מקובל להשתמש ברוב סוגי הרכב החשמלי, במנוע לזרם ישר בעל עירור זר.

מנוע כזה מאפשר גמישות בויסות המהירות ואף קבלת מהירות סיבוב גבוהה. ויסות מהירות הנסיעה נעשה בעזרת בקרת מתח המנוע ובעזרת בקרת זרם השדה. מערכת הבקרה לויסות מתח המנוע (Chopper) (ראה איור 2) מיישמת חצאי מוליכים מבוקרים - Silicon Controlled Rectifiers (S.C.R) לזרמים של עד כ-300 אמפר והיא משמשת לבקרת מהירויות בתחום הנמוך. ה-Chopper מווסת את המתח על-ידי מיתוג מהיר של המתח (הפסקה והחיבור) כך שהערך האפקטיבי של המתח משתנה בכולות רצויים.

מערכת בקרה נוספת המוסחת את זרם השדה, מיישמת טרנזיסטורי הספק שכן כאן מדובר בזרמים קטנים יחסית, מערכת זו משמשת לבקרת מהירויות בתחום הגבוה.

המערכת המתוארת לעיל היא אומנם יקרה יותר מאשר במנוע טורי (עם מערכת ויסות אחת) אך ישנם שני יתרונות חשובים:

- אפשרות לעצירה רגורטיבית - החזרת אנרגיה למצבר בעת בלימה.
- הימנעות מהוצאת זרמים גבוהים, בעת התנעה, מן המצבר ועל-ידי כך אורך חיים גדול יותר.

מן הראוי לציין שבעתיד עשוי להיווצר מצב לפיו יהיה כדאי יותר להשתמש במנוע השראה דגיל שהוא זול מאד יחסית, זאת בתנאי שמערכת ויסות הסיבובים שלו תזול (הסיבובים לכך הם טובים) כך שהמערכת כולה תהיה זולה יותר בהשוואה למערכת זרם ישר שתוארה לעיל.

שיפורים בביצועי הרכב החשמלי בתקופה 1975-1983

אף כי גם כיום מקור האנרגיה הישיר של הרכב החשמלי נשאר מצבר העופרת, הרי חשוב לציין את השיפורים שחלו בביצועי הרכב כפי שנראה להלן:

טבלה 2 השיפורים שחלו בביצוע הרכב החשמלי

| 1983 | 1975 | טווח נסיעה (ק"מ) |
|-------------------------|---------------------------|---|
| רכב מסחרי מתוצרת אנגליה | רכב ניסוי של NASA / LEWIS | - נסיעה עירונית כולל עצירות |
| 80-100 | 35 | - נסיעה במהירות קבועה של 55 ק"מ |
| - | 50 | - נסיעה במהירות קבועה של 60 ק"מ |
| מעל 100 | - | מהירות שיא (ק"מ"ש) |
| 80 | 60 | האוצה (שניות מ"ס עד 50 ק"מ"ש) |
| 11 | 16 | זמן לטעינת המצבר (שעות) ממצב פירוק של 80% |
| 7-8 | 14 | מערכות ויסות מודרניות |
| + | - | מערכות אוטומטיות להוספת מים |
| + | - | |

השוואה כלכלית בין רכב חשמלי לרכב בעל מנוע שריפה פנימית

להלן מובאת השוואה כלכלית בין שתי משאיות של Dodge (חשמלית ורגילה). ההשוואה נערכה ע"י העוסקים בנושא הרכב החשמלי באנגליה בשנת 1983.

הנחות יסוד ונתונים.

- אורך חיים שווה של 8 שנים לשתי המכוניות
- החלפת מצברים לאחר 4 שנות חיים (לא ברור לנו באיזו מדה הנחה זו דיאלית)
- התייקרות ריאלית של הדלק הנוזלי - 5% לשנה
- התייקרות ריאלית של אנרגיה חשמלית - 3% לשנה
- היוון לפי שער נכיון של 5% לשנה
- (המחירים מובאים בלירות שטרלינג).

טבלה 3

השוואה כלכלית בין רכב חשמלי לרכב בעל מנוע שריפה פנימית

| רכב רגיל (מנוע דיזל) (DIESEL) | רכב חשמלי (ELECTRIC) |
|---------------------------------|--|
| מיסים, ביטוח ומבחן שנתי - 3,000 | ביטוח - 200 |
| אחזקה: 5,000 | אחזקה - 2,750 |
| דלק: 10,000 | דלק (צריכת אנרגיה חשמלית) 2,000 |
| רכב: 8,000 | החלפת מצבר לאחר 4 שנים: 5,000 |
| | רכב + מצבר מסכום זה מפחיתים לצרכנים באנגליה 4,000 לירות שטרלינג כסובסידיה. |
| | 19,625 |

לירות שטרלינג 26,000

* הרכב החשמלי באנגליה, פטור ממיסים.

מן ה"ל נובע (ללא סובסידיה)

$$= 1.14 \frac{\text{עלות כוללת ל-8 שנות חיים - רכב חשמלי}}{\text{עלות כוללת ל-8 שנות חיים - רכב רגיל}}$$

ההפרש של 4,000 לירות שטרלינג מכוסה על-ידי הממשלה האנגלית כסובסידיה ליצרן וזאת עד שנת 1986. לאחר מכן מקוים שהוזלת עלות ייצור הרכב החשמלי מחד והתייקרות הדלק הנוזלי מאידך, יביאו להשוואת העלויות גם ללא סובסידיה.

שימוש ברכב חשמלי - מצב נוכחי במספר ארצות אנגליה

- כ-35,000 כלי רכב חשמלי (מזה עשרות שנים) משמשים לחלוקת חלב ותוצרת חלב.
- בחברת החשמל של דרום אנגליה (S.E.B) משמש

מסקנות

1. אין ספק שהרכב החשמלי יכול לשמש בארץ למטרות רבות – חברת החשמל בעבודות חיבורים לבתים, תחנות משנה, תחנות כוח, אתרי הרכבה ומחסנים. במגזרי משק אחרים – קבוצים ומושבים, שדותים – חלוקת עתונות, לחם, גז ירקות, דאר, תיירות (גנים לאומיים, מרחצאות), בתי חולים, בתי קברות, אתרים היסטוריים, הסעת תלמידים, פינוי אשפה, נמלי תעופה וים, מוניות עירוניות וכד'.
 2. שימוש ברב זה הוא "נקי". לא מזהם, שקט, קל לנהיגה והנהג אינו מטפל בשום חלקי מנוע "מלובלים או משומנים".
 3. רכב זה חוסך בדלק וזלי אשר עשוי להתייקר בעתיד ולהיות יקר מציאות ובעשנת הרום יכול להיות צר מחסור בו, במפעלים חיוניים.
 4. רכב זה מאפשר העמסה טובה יותר של יחידות היי צור המוסקות בפתם (בעתיד גרעין) בלילות, שבתות וחגים.
 5. טרם פתרו את בעיות המצברים מבחינת טווח נסיעה, משקל, שיטות טעינה, מספר מחזורי טעינה/פריקה (אורך חיים) והוספת מים לגמרי אוטומטית.
 6. הרכב אינו עונה כיום על הדרישה לטווח נסיעה שמעל 100 – 80 ק"מ בין טעינה לטעינה של המצבר דים והוא גם עדיין יקר יחסית מכיוון שאינו מיוצר בהיקף גדול. מצד שני אין בעיות מכניות או חשמליות. כאשר לגוף הרכב יש לדאוג לצביעה שוטפת על מנת לשמור על אורך חיים מכיון שהמנוע והמערכות החשמליות הם בעלי אורך חיים "בלתי מוגבל", כמעט.
 7. תכנון ובנית הרכב מבוצע כיום בדרך כלל במפעלים קטנים או במפעלים בינוניים כ"קו ייצור" נוסף, לא קבוע.
- הכלים המשמשים לייצור הרכב הם די פשוטים וכן גם התליכי ההרכבה.

רכב חשמלי בתפקידים דומים לאלו של רכב רגיל מאז 1977. בי 1983 היו בשימוש 53 כלי רכב חשמליים (רכב מסחרי ומשאיות עד 6.5 טון) וכן החזמו 20 כלי רכב מסחריים נוספים.

שתי חברות באנגליה פתחו לאחרונה קו ייצור לרכב חשמלי מסחרי מיועד לשוק הרחב.

גרמניה

שתי חברות רכב רציניות מייצרות רכב חשמלי מסחרי. חברה אחת מייצרת רכב חשמלי פרטי לנסיעה עירונית (עד סוף 1984 ייבנו כ-70 מכוניות פרטיות מסוג Golf. מכוניות אלה מסוגלות להגיע למהירות של 100 קמ"ש. המטען, שוקל 20 ק"ג בלבד, ומורכב על גבי המכוניות).

בשתי ערים קיימים קווי אוטובוסים חשמליים. בעיר דיסלדורף ישנם שני קווים – וסה"כ 20 אוטובוסים חשמליים המסוגלים לעבור מרחק של כ-250 ק"מ ליום בעזרת טעינות ביניים קצרות. בעיר שטוטגרט קיימים 13 אוטובוסים היברידיים (מצבר + מנוע חשמלי וכן דיזל גנרטור). אוטובוסים אלו מתוכננים לטווח יומי של 300 ק"מ.

איטליה

החברה הגדולה ביותר לייצור רכב וגם חברות אחרות נכנסו לנושא של רכב חשמלי מזה מספר שנים.

ארצות הברית

– קיים צי של כמה מאות כלי רכב חשמליים בשימוש הדואר הפדדלי.

– חברות חשמל גדולות כגון T.V.A. עורכות ניסויים מקיפים עם סוגים שונים של רכב חשמלי.

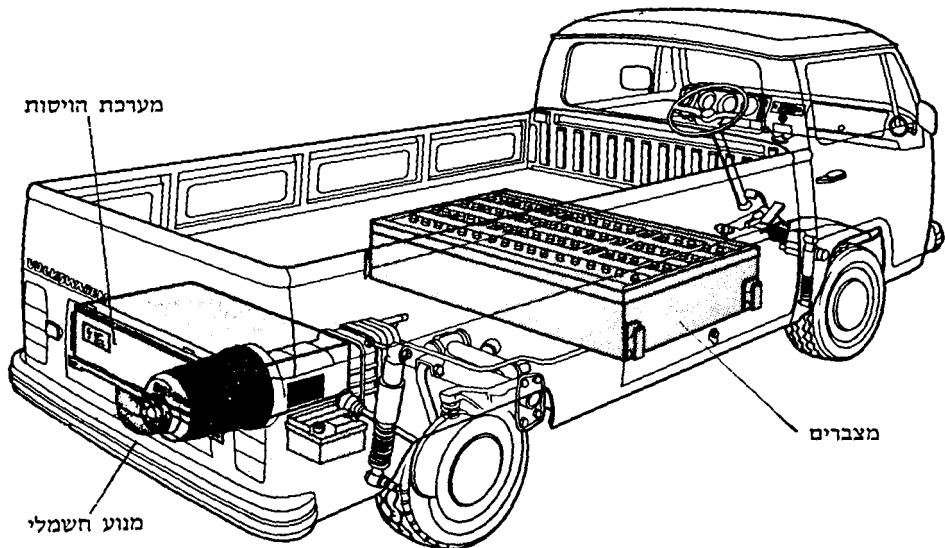
כללי

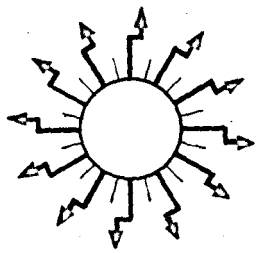
בארצות שונות (יפן, צרפת, שוודיה, שווייץ, ספרד) מייצרים רכב חשמלי בכמויות קטנות לצורך ניסוי והפעלה.

בארץ

לא מכבר אושרה למועצה המקומית "מעלה אדומים" הפעלת תחבורה ציבורית פנימית על ידי אוטובוסים המופעלים בעזרת מצברים.

איור 3
תחך של רכב חשמלי מסחרי





הפקת השמש מאנרגיית השמש אפשרויות ומימושן

אינג' אמנון סמיד

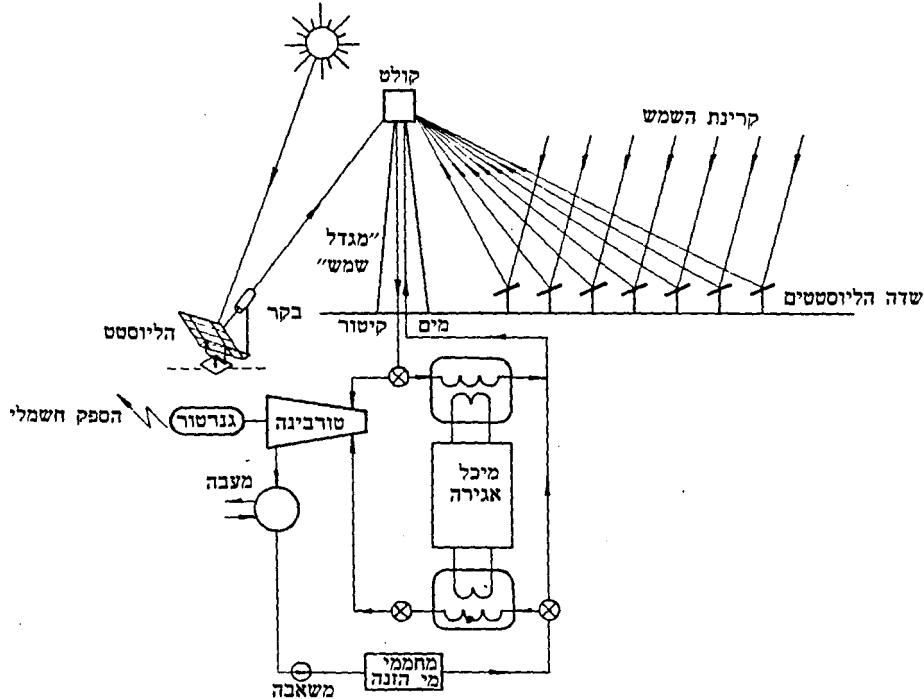
השמש – בהיותה מקור אנרגיה אדיר ובמושגי הזמן האנושי – כמעט בלתי מתכלה – עוררה את דמיונם של מדענים וסופרים רבים לגבי אפשרויות ניצול הקרינה הנפלטת ממנה לשם הפקה ישירה של אנרגיה.

השמש מהווה את הבסיס לקיום החיים על פני כדור הארץ והמקור להיווצרות כל תופעות הטבע שהניבו את מרבית מקורות האנרגיה המוכרים לנו, למעט הדלקים הגרעיניים וחמרים רדיואקטיביים אחרים.

קליטת קרינת השמש בצמחים איפשרה קיום תהליך הפוטוסינתזה, שייצר גלוקוז שמשמרה בצורת עמילן, ונהפכה לאתר אלפי שנים באדמה למקורות האנרגיה הפוסיליים – הנפט, הפחם והגז.

מתחזור המים בטבע, המאפשר ניצול מפלי מים כמקור אנרגיה, מופעל אף הוא על ידי קרינת השמש (אידוי המים), וכן תופעות אטמוספיריות אחרות, כגון רוחות, שאף אותן רותמים לשם הפקת אנרגיה.

דוגמת סכימה איכותית של מערכת קליטה מרכזית בה משמש הקיטו כתווך העברת החום



כמות האנרגיה שמקורה בשמש

השמש פולטת אנרגיה בצורת קרינה אלקטרומגנטית בארכי גל שונים (בין 0.1 ל-100 מיקרון) אשר מתפזרת שטח לכל הכוונים במהירות האור.

יעילות העברת האנרגיה רבה יותר בתחום של הקרינה הנראית לעין (0.35 עד 0.75 מיקרון), אך משמעותית אף מעליו ומתחתיו – בתחומי האינפרא אדום והארץ לטרא סגול.

אנרגיה זו מתפשטת, כאמור, בכל הכיוונים ולכן רק חלק ממנה מגיע לאטמוספירה של כדור הארץ. כמות אנרגיה זו קרויה "הקבוע הסולרי", המוגדר כסך האנרגיה הכוללת ליחידת זמן הפוגעת ביחידת שטח הניצב לקרינת השמש ומצוי במעטפת האטמוספירה של כדור הארץ.

אינג' א. סמיד – אגף מחקר ופיתוח, חברת חשמל

ממדיות שונשו בחלה התקבל ערך ממוצע עבור קבוע זה בשעור של 1377 W/m^2 . המתייחס למרחק ממוצע בין כדור הארץ והשמש.

בסוף חודש דצמבר המרחק בין הארץ לשמש הוא מועי רי (147 מיליון ק"מ) והקבוע הסולרי גדל בכ-3%, בעוד שכאשר המרחק מירבי (152 מיליון ק"מ) בסוף חודש יוני, קטן הקבוע בכ-3%. על ידי הכפלת ערכו של קבוע זה בשטח חתך כדור הארץ, נקבל את ההספק של אג"ר גית השמש המגיע אל פני כדור הארץ, כ- $1.76 \times 10^{11} \text{ MW}$ שהם בשעור שנתי כ- $1.54 \times 10^{18} \text{ KWh}$ (שיעור הגדול בכ-8 סדרי גודל מייצור האנרגיה השנתי בישראל!).

זו כאמור, כמות האנרגיה שמקורה בשמש ומגיעה אל מרומי האטמוספירה של כדור הארץ. כ-30% מכמות זו מוחזרת ישירות לחלל על ידי האטמוספירה, כך שאל פני כדור הארץ (בגובה פני הארץ) מגיע בצהרי יום בהיר הספק ממוצע של 1000 W/m^2 . אך גודל זה, כמוכב, אינו מייצג את ההספק הזמין שאפשר להפיק מהשמש, וזאת עקב הצלילות הנמוכות של מערכת ההמרה. כמות האנרגיה הזמינה תלויה בתנועת הארץ ביחס לשמש ובתנאים האקלימיים המשתנים.

הגורמים הקובעים הם:

א. המיקום על פני כדור הארץ, שיבוטא על ידי קו הרוחב והאורך והגובה מעל פני הים.

ב. מצב סיבוב כדור הארץ שיבוטא בשעה על פני היממה.

ג. הקשר בין המיקום של כדור הארץ והשמש במרחב (מיקום השמש כפי שנואה מקורה על פני כדור הארץ יבוטא על ידי זווית כגובה מעל האופק וזווית האזימות. מיקום הארץ במהלך ההקפה השנתי של השמש יבוטא על ידי זווית הנטייה בין הקו שמש-ארץ למישור המשווה).

ניצול אנרגית השמש

הניצול של אנרגית השמש מוגבל עקב שינויים יומיים ועונתיים בעוצמת הקרינה. בנוסף להבדלים בין חדשי הקיץ והחורף, המתבטאים הן בעוצמת קרינה שונה והן בשעור העננות, קיים שינוי שעתי בכמות הקרינה הישירה, בין ערך מירבי - בדרך כלל בצהרי היום - ועד התאפסות הקרינה בלילה. שינויים אלה אינם מותאמים בהכרח לדרישות העומס, מה גם שביישומים תעשייתיים דרושה זמינות בלתי מוגבלת של האנרגיה, ולא כזו התלויה בגורמים אקראיים - כמידת עננות. לכן כדי שאפשר יהיה לנצל את אנרגיית השמש בצורה יעילה, ניתן להשתמש במערכות סולריות כגיבוי למערכות קונבנציונליות ובכך להקטין את צריכת הדלק, או להתקין מערכות אנרגיה אנוגיה כדי לפצות על פריק הזמן בהם אנרגיית השמש אינה זמינה. גורם חשוב המשפיע על ביצועי המערכות הסולריות הינו הגיאומטריה של מערכת הקליטה. כדי לדב את אור השמש משתמשים במכניזמים שונים, הכוללים מראות ועדשות מסוגים שונים.

מערכות המצוידות במנגנון המאפשר עקיבה מלאה אחר תנועת השמש, תקלוטנה כמות קרינה מירבית, שכן במישור שהניצב לו מוטוה בזווית כשואה לכוון קרינת השמש, תהיה עוצמת האנרגיה הפוגעת קטנה פי קוסינוס הזווית. מאשר במישור הניצב לקרינת השמש. בעוד שמערכות עקיבה אינן כלכליות עבור מערכי קול-טיס שטוחים בעלי יחס רכז של 1:1, אזי תוספת התפקה המיוצרת על ידי קולטים מרכזים עשויה להצדיק כלכלית את תוספת הוצאות הכרוכה בהתקנת מנגנון עקיבה.

בהתחשב במגבלות הנ"ל, המחייבות התקנת שטחי קליטה גדולים עקב הפיור של הקרינה, התקנת מנגנוני עקיבה ושימוש במערכות אגירה כדי להתגבר על אי הזמינות המלאה של אנרגיית השמש, ניצולה כיום יכול לתרום בעיקר להקטנת התלות בדלקים פוסיליים ולה" וות אמצעי יעיל לאספקת אנרגיה חשמלית במקומות מרוחקים ומבודדים, שאינם מחוברים לרשתות חשמל

* זורם העבודה - נוזל העבודה (Working Fluid)

ארציות.

למימוש מסחרי מעשי הגיעו בעיקר שני יישומים: אספקת מים חמים בעזרת קולטים שטוחים (מערכות "רדרי שמש") וייצור חשמל בתפוקות נמוכות ($1000 - 10 \text{ W}$) בעזרת תאים פוטרוולטאיים (בעיקר בחלליות, תחנות מסר ותחנות שאיבה). מודגשת אף התחלת שיווק מסחרי של מערכות סולריות לאספקת חשמל ברמות של עד 100 kW , בעיקר לאזורים מרוחקים. מתקנים אחרים שהוקמו לרוב בארה"ב ומפיקים מגוטים בודדים - משמשים בעיקר לניסויים והדגמה ולא נבנו מתוך שיקולים כלכליים טהורים.

הטכנולוגיות העיקריות המשמשות להפקת חשמל מאנרגיית השמש

עקרונות, ניתוח תרומ את אנרגיית השמש לשם ייצור חשמל בשלוש דרכים עיקריות:

א. השיטה הפוטו-תרמית (תרמו-סולרית) המבוססת על הפיכת קרינת השמש לחום ואח"כ לאנרגיה קינטית, חשמלית או כימית.

ב. השיטה הפוטרוולטאית בה ממירים ישירות את קרינת השמש להספק חשמלי ללא שלב ביניים תרמי.

ג. השיטה הפוטרו-כימית המבוססת על הפיכה ישירה של קרינת השמש לאנרגיה כימית הניתנת לאגירה.

שתי הדרכים האשונות - אותן נסקור בהמשך - הגיעו לדרגת יישום טכנולוגית.

תחנות כוח תרמו סולריות

מערכות אלה מבוססות על שדה סולרי ומחזור של תחנת כוח קונבנציונלית, המונעת באנרגיה תרמית שמקורה בקרינת השמש. השדה הסולרי בנוי מקולטים המרכזים את קרינת השמש הפוגעת בהם, ומעבירים אותה ישירות או בדרך אופטית אל תווך מוליך חום. האנרגיה התרמית הנקלטת בו משמשת להנעת טורבוגנרטור להפקת חשמל. כזורם עבודה להעברת החום יכולים לשמש מים בתחץ גבוה/ קיטור (שיזין ישירות טורבינת קיטור), אויר (להנעת טורבינת גז), שמנים הידרוקרבוניים, מלחים מותכים או מתכות נוזליות. האחרונים יישמשו להפקת קיטור בעזרת מחליפי חום מתאימים.

מקובלים שני סוגי שדות קליטה סולריים: שדה המבוסס על מערכת קליטה מרכזית ושדה הבנוי ממערכת קליטה מפוזרת.

במערכת קליטה מרכזית בנוי השדה מאוסף של מראות (הליוסטטים) בעלות כושר עקיבה בשני צירים, הקולטות את קרינת השמש וממקדות אותה בצורה אופטית לעבר קולט מרכזי (דוד המכליל את זורם העבודה) הממוקם בראש מגדל. האנרגיה התרמית הנקלטת בוררס משמשת לייצור חשמל במחזור של טורבינת קיטור או גז (ראו ציור). לגישה זו שני יתרונות עיקריים: עקב שעויר הריכח הגבוהים ניתן להשיג טמפרטורות גבוהות בקולט (עד 600°C) ולכן ניצילות המחזור גבוהה. הודות להעברת האנרגיה הסולרית בדרך אופטית אל הקולט המרכזי, חוסכים את הצורך בהעברת החום מהקולטים למערכת המרכזית באמצעות זורם העבודה. החסרון העיקרי נובע מהסרבול שבהתקנת מנגנוני עקיבה בשני צירים.

מתקנים המבוססים על מערכת קליטה מפוזרת מרכזים את אור השמש מממירים אותו לאנרגיה תרמית במקום של כל קולט בנפרד.

מקובלים שני סוגי קולטים מודולריים:

מראה פרבולית קוית את צלחת פרבולואידית. הקולט טיס הקויים עוקבים אחר תנועת השמש בציני אחד בדרך כלל. במרכז מצוי צנור המכיל את זורם העבודה המתחמם (עד 450°C), נאסף מכל הקולטים ומועבר אל מערכת ייצור הכוח המרכזית באמצעות צנרת מבודדת. במקום של הצלחות הפרבולואידיות מצוי קולט הממיר את הקרינה לאנרגיה תרמית בזורם העבו

דה. הטמפרטורות שמישנים במתקנים אלה, המצויי דים במגוון עקיבה בשני צירים, עשויות להגיע ל-500°C. גישה אחת מתבססת על שמש במנועי חום קטנים (של עשרות קילואטים) המוצמדים למוקד הצלחת ומפיקים חשמל בכל קולט בנפרד.

מחקרי עלות-תועלת שהתבצעו בארה"ב לאחר משבר הנפט של שנת 1973 הראו ששימוש במערכת קליטה מרכזית לקליטה אנרגיה סולרית, הינה השיטה המועדפת עבור תחנות כוח סולריות מרכזיות. הגישה מתבססת על מערכת קליטה מפורדת מתאימה יותר לתחנות כוח בעלות הספק נמוך בעיקר במקומות מרוחקים, בעוד שמתקנים המבוססים על מערכת קליטה מרכזית עשויים להתחרות בתחנות כוח קונבנציונליות (נפט וגז) בעיקר לאספקת עומסי ביניים.

המתקן התרמוסולרי הראשון בעל מערכת קליטה מרכזית נבנה באיטליה בשנת 1965. מאז הוכנסו בו מספר שינויים וכיום הוא מספק 140 קילוואט בעזרת 140 מראות בעלות שטח קולט של 1.1 מטרים. התנופה העיקרית לפיתוח תחנות תרמוסולריות ניתנה בשנת 1975, עת הוחל בארה"ב בביצוע תכנית לחברון והקמה של אביטופוס למתקן מערכת קולטים מרכזית ("מגדל שמש").

מתקן החלוצי נבנה בשנת 1978 בניימקסיקו והפיק 5.5 מגו"ט. המתקן הגדול מסוגו בעולם כיום (10 מגו"ט) החל לפעול באפריל 1982. המתקן מורכב מ-1818 הליוסטטים ומחובר לרשת החשמל של דרום קליפורניה. באותה תקופה נבנו מתקנים קטנים יותר באירופה: בשנת 1977 החל לפעול מתקן תרמוסולרי שני באיטליה בהספק של 440 קילוואט, ושלוש שנים אחריו הוקמה בסיציליה תחנה בהספק של מגוואט אחד כפרייקט מחקר של השוק האירופי המשותף. במחקר נים אלה זרם העבודה היו מים בלחץ גבוה. בספרד הוקם בשנת 1979 מתקן תרמוסולרי המבוסס על נתון מותן, שהינו בעל קבול חום גבוה מל של הקיטור. הנתון המתחמם לטמפרטורה של 530°C מפיך קיטור בטמפרטורה של 500°C ולחץ של 100 אטמוספירות, ומאפשר תפוקת חשמל שיאית של 500 קילוואט. המתקן הגדול ביותר המוכונן בארה"ב לקראת שנת 1988, מתבסס על מלח מותך כזרם עבודה, ואם יקום יפיק - לפי תכנון - הספק שיא של 100 מגו"ט בעזרת שני שדות שכל אחד מהם יורכב מ-7700 הליוסטטים, ובמרום מגדל שמש בגובה כ-180 מטרים. אך במחיר דים הגבוהים של מערכות אלה היעיים כיום בין 7000 ל-10000 דולר לקילוואט שיא, ספק אם יוקמו מתקנים בסדר גודל כזה.

כדי שתחנות מסוג זה תהיינה זמינות מבחינה מסחרית, עלותן חייבת להיות מתחת ל-2200 דולר לקילוואט שיא בתנאי הקרינה של דרום קליפורניה, הדומים למשטר הקרינה בארץ. ואילו בתנאי קרינה גרועים יותר, כמו למשל בניירורק או פריס, על המחיר לדדת מתחת ל-1100 דולר לקילוואט שיא. למרות פער זה במחירים, מעורבות מספר חברות חשמל בארה"ב בפרייקטים תרמוסולריים, הן כגיבוי או כתוספת לכוח שר הייצור או כתחליף לתחנות פוסיליות.

מערכות פוטו-וולטאיות להפקת חשמל

עקרון הפעולה הבסיסי המאפיין מערכות הפקת חשמל באמצעות תאים פוטו-וולטאיים, מבוסס על תכונות חומרים אחדים לייצר זרם חשמלי בהחשפם ישירות לקרינת השמש.

תופעה זו קיימת, למעשה, בכל מוליך למחצה. אך כדי להשיג נצילות מרכזית, בוניים תאים פוטו-וולטאיים הממליכים למחצה שקולטים את מרבית הספקטרום הסולרי. תאים אלה פועלים כננטורים וזיירים הממיי רים חלק מאור השמש להספק חשמלי, כאשר ירתת האנרגיה מפלסת כלאנרגיה תרמית. על ידי שילוב מספר תאי שמש מסוג זה, הממוזבנים ביניהם (בטור ובמקביל) אפשר לבנות מערכות הפקת חשמל כמעט בכל תפוקה ומתח דרושים. הרום הישר המיוצר על ידי התאים מומר לזרם חילופין ומסונן כדי למנוע כל הפרעה באותות. כן משתמשים בשיאים ומערכות לויסות וכך

לה לשם התאמת היציאה לחבור לרשת ארצית. ציוד ההתאמה הינו די מתקדם מבחינה טכנית ומיין מבחינה מסחרית ואין צורך בפיתוח מיוחד כדי לשלב במערך כות פוטו-וולטאיות. המרכיב העיקרי שנתון לפיתוח טכני הינו תא השמש.

תאי השמש מבוססים, כאמור, על תצאי מוליכים שמייצרים זרם חשמלי כאשר הם נחשפים למקור של פוטונים - כמו אור השמש - ברמות אנרגיה מינימליות מסוימות. הם בנויים בדרך כלל משני מבנים גבישיים, המכילים בתוכם עקבות של יסודות כמו ברזן ופוספור, המסודרים כך שגביש אחד יהיה בעל עודף אלקטרונים והשני בעל חסר. כאשר אור השמש פוגע בגבולות שבין המבנים הגבישיים, מועברת האנרגיה האצורה בפוטונים אל האלקטרונים של חומר התא. חלק מהאנרגיה הופך לחום וחלקו גורם לתנועת אלקטרונים לאורך היתוך בין החמרים. האלקטרונים עוברים ממצב קבוע (רמת אנרגיה נמוכה) לרמות גבוהות יותר (רמות "פס הולכה") בהן הם יכולים לנוע כמעט בחפשיות. אלקטרונים אלה תורמים ליצירת זרם חשמלי שיימשך כל עוד התא מוקרן. התפוקה מופיעה בצורת ישר שעודר של כחצי וולט. עצמת הזרם תלויה באורך הגל, בעצמת הקרינה הפוגעת ובשטח התא.

החמרים העיקריים המשמשים לבנית תאי שמש הם: צורן גבישי, קדמיום סולפיד וגליום ארסניד. מרבית תאי השמש המסחריים בנויים מגביש יחיד של צורן טהור. נצילות ההמרה התיאורטית המירבית שלהם בטמפרטורת החדר היא 23% (הנצילות של תא השמש מוגדרת כיחס בין ההספק החשמלי המופק בנקודה המכסימלית של עקומת I-V של התא ובין עצמת הקרינה הכוללת הפוגעת בתא). בתאי צורן מסחריים משיגים כיום נצילות שעולות כמעט על 10%, כלומר אפשר להפיק כ-100 וואט משטח של מטר רבוע. הטכנולוגיה של ייצור צורן גבישי הינה המתקדמת ביותר כיום. הייצור של תאי גליום ארסניד עדיין לא הגיע לשלב מסחרי. פיתוחם הוא בעל עניין מיוחד עקב הפוטנציאל שלהם לנצילות המרה גבוהות יותר בהשוואה לתאי צורן גבישי. מספר טכנולוגיות נוספות נמצאות בשלבי פיתוח. אחת המטרות הינה להשיג הפחתה משמעותית בכמות החומר הדרושה להפקת יחידת הספק חשמלי. מכיון שעבור נצילות המרה נתון זה אי אפשר לצמצם את השיטה הנחשף לאור השמש, נותרה האפשרות להקטין את עובי התאים. תא שמש שהינו בעל פוטנציאל גבוה לפיתוח מסחרי בנוי מקדמיום-סולפיד, וזאת עקב העלות הנמוכה של ייצורו, הנובעת מעובי הקטן יחסית. חסרונו מתבטא בנצירת לות ההמרה הקטנה יחסית, שאינה עולה על 5%. מערכות טכנולוגיות נוספות לייצור תאי שמש המונחות על שולחן המפתחים הן: פלמים אמורפיים דקים שעובי יים קטן בכ-20% מהתאים המקובלים, או מערכות תאים כפולים הבנויות משני תאים שכל אחד מהם רגיש לחלק אחר של ספקטרום הקרינה הפוגעת, כך שתחום רחב יותר של תדריות, כלומר, כמות גדולה יותר מהאנרגיה הפוגעת - חומר לאנרגיה חשמלית. תאי צורן, למשל, רגישים יותר לתחום התדריות הגבוהות של האור הפוגע, בעוד שתאי גליום ארסניד רגישים יותר לתדריות הגבוהות. אך טכנולוגיות אלה אינן בשלות עדיין לשיווק מסחרי.

המודלריות של קולטים פוטו-וולטאיים מאפשרת תחום רחב של יישומים, המתבססים על אותה הטכנולוגיה ואותה קונספציה הפעולית. המיין הבסיסי ביותר הינו לשתי קטגוריות יישומיות בהתאם לתפוקת המערכת: מערכות מקומיות קטנות (עד 50 מגו"ט) ומערכות מרכזיות לייצור חשמל - עומס בקיסי או עמסי ביניים. משך האנרגיה האמריקאי מממן כיום תשעה פרויקטים להדגמה של מערכות מקומיות בסך כולל של 27.5 מיליון דולר.

המתקן הפוטו-וולטאיים הפעיל הגדול ביותר כיום ממוקם בדרום קליפורניה ותפוקתו השיאית מגו"ט אחד. מתקן זה מורכב מ-108 יחידות עקיבה מוקרות

מחשב, שכל אחת מהן מכילה 256 מודולים המכילים 36 תאי שמש. שני מתקנים נוספים מתוכננים לפעול בשנת 1985 (1.2 מ"גור"ט) ושנתיים אחר כך 16.5 מ"גור"ט. מתקנים קטנים נוספים הוקמו בארה"ב - חלקם במימון ממשלתי כמתקני הדגמה וחלקם למטרות מחקר על ידי גופים לא מסחריים.

בעוד שבארה"ב חותרים לקראת הקמת יחידות פוטו-וולטאיות גדולות שישתלבו ברשת החשמל, אי בינן מתקנים בתכנון יחידות קטנות בעיקר עבור ציוד חשמלי ומיכשור אלקטרוני. באירופה מושקע מאמץ מחקר ופיתוח על ידי מספר חברות מסחריות בעיקר במערב גרמניה ואיטליה. המתקן הגדול ביותר באירופה (300 קילוואט) החל לפעול ביולי 1983 בגרמניה, וכעשרה מתקנים נוספים בתפוקה של 10 עד 100 קילוואט פועלים בשש מדינות נוספות.

המחסום העיקרי המעכב שמוש מסחרי בתאי שמש לייצור חשמל כיום הינו מחירם הגבוה. לשם דוגמה: הקמת מתקן שייצר שיל 10 קילוואט תעלה בין 100 ל-150 אלף דולר, והשטח שידרש יגיע בין 100 ל-125 מטרים מרובעים. לפי תחזית משרד האנרגיה האמריקאי יופחתו העלויות תוך 15 שנים בצורה משמעותית ויגיעו ל-1400 עד 1900 דולר לקילוואט שיי יעד אך ללא התקדמות דראסטית לא ניתן יהיה להשיג יעד זה שנראה יומרני למדי. מכל מקום, אין לצפות שלפני אמצע שנות התשעים ישתנה המצב בצורה משמעותית.

פעילות בארץ

המאמץ העיקרי המושקע בארץ לייצור אנרגיה השמש להפקת חשמל מתרכז בפיתוח בריכות השמש. מערכת זו מבוססת על בריכת מים מלוחים בעומק של מטרים אחדים, בה קיים מפל של רכוז מלחים: הרכוז הולך וגדל עם העומק, וכך המים שבתחתית הבריכה יהיו כבדים יותר. בבריכה רגילה נוצר - עקב בליעת קרינת השמש - מפל טמפרטורות הגורם להתהוות זרמי הסעה אנכיים, המעלים את המים החמים מתחתית הבריכה אל פניה והחום מתפזר לסביבה. בבריכת שמש, עקב מפל הרכוז, ישארו המים בתחתית למרות התחממותם וזאת עקב רכוז המלח הגדול יותר שבהם. אבם טבעי מסוג זה מצוי דרומית לאילת, אך בו טמפרטורת השכבה התחתית אינה עולה על 60°C.

עוד לפני עשרות שנים הועלה הרעיון להפוך את ים המלח לבריכת שמש. יישום הרעיון תלוי הנופה לאחר משבר הדלק בשנת 1973, ובסוף שנת 1979 הונחה בברית אורמת מיבנה את בריכת השמש הראשונה בעין בוקק. בבריכה זו, ששטחה 7500 מטרים מרובעים ועמקה 1.5 מטרים, הגיעו הטמפרטורות של מעל 90°C בתחתית לעומת 36°C בשכבה העליונה. תחתית הבריכה כוסתה בבטנה שחורה ועל פניה פוזרו רשתות למניעת התפשטות גלים הנוצרים עקב הרוח. ת. כדי לנצל מפל הטמפרטורות להפקת חשמל, הוצאו המים החמים מהשכבה התחתונה (שעומקה חצי מטר) והזרמו דרך מחליף תום לשם הרחפת נוזל אורגאני, שהינו בעל נקודת רתיחה מוכה מו של המים. אדי הנוזל האורגאני משמשים להנעת טורבוגנרטור ולאחר עיבוי מוחזרים למחליף החום. המים מוחזרים חזרה לתחתית הבריכה, כדי למנוע תופעות ערבול שיפזרו את המבנה השכבתי של הבריכה. כדי לפצות על הפסדים עקב אידוי מהשכבה העליונה "המתוקה", יש להוסיף לבריכה מים בעלי מליחות נמוכה. כיום מקור המים הוא מבארות בסביבה, ובעתיד - במידה שיקום מפעל תעלת ים התיכון - ים המלח, ישתמשו במי הים התיכון. בדרך זו מסוגלת הבריכה בעין בוקק להפיק שיל של 150KW או ברציפות ממוצע של 30KW. השלב הבא היה בריכה ליד מצדה בתפוקה של 5MW, והשנה נחתה חוזה להקמת בריכה דומה בקליפורניה.

פעילות מחקרית עניפה מתבצעת במרבית מכוני המחקר והאוניברסיטאות בארץ. מבין אלה הפרויקט היומרי ביותר מתבצע במכון ויצמן ברחובות בראשי

תו של פרופסור ישראל דוסטרוסקי. הכוונה להקים מתקן פוטו-תרמי בעל מערכת קליטה מרכזית - שדות הליוסטטים ומגדל שמש, שימוקם בגב - שם משטר הקרינה נוח יותר ומצויים השטחים הנרחבים הדרושים לשדה הסולרי.

האנרגיה התרמית תשמש לפרוק של חומר כימי (מתן). הגזים שיתקבלו מהפרוק (מימן ותחמוצת הפחמן) יועברו באמצעות צנור בטמפרטורת הסביבה אל מוקדי הצריכה בצפון הארץ, שם תבצע ריאקציה קטליטית שתשחרר חום שישמש להפקת קיטור, והמתן יוחזר בצנור אל השדה הסולרי. כך תועבר האנרגיה ממוקד הייצור למוקד הצריכה באמצעות גז במקום כאנרגיה חשמלית, ולטענת הוגי הרעיון יקטנו הפסדי ההעברה לכדי שליש.

חברה נוספת ("לוח") שמרכזה בירושלים, פיתחה מערך כת קליטה מפורת המבוססת על קולטים פרבוליים קויים בעלי מנגנון עקיבה בעיר אחד, ושמן מינרלי המשמש כתווך העברת החום. השמן - בעוברו בצנור רות פלדה מצופים המושחלים בצנורות זכוכית, במוקד הקולטים, יקלט את האנרגיה מהקרינה הסולרית, ובאמצעות מחליף חום יפיק קיטור רווי. בעזרת גיבוי של דלק פוסילי (נפט או גז) יעבור הקיטור שיחון ויגיע טורבו-גנרטור להפקת חשמל. בשלב זה חתמה החברה על חוזה להקמת מתקן מסוג זה בתפוקה שיי אית של 13.8MW בדרום קליפורניה.

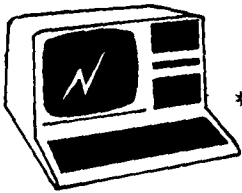
סיכום

שתי הטכנולוגיות העיקריות המשמשות לייצור אנרגיה השמש להפקת חשמל - הפוטו-תרמית והפוטו-וולטאית - זמינות הוכחה מה שנים אחדות. אך מבחינה כלכלית אין הן ברות תחרות כיום עם תהליכי הפקת חשמל ממקורות אנרגיה מחצביים או גרעיניים. שני הגורמים העיקריים המונעים ייתכנות כלכלית של מערכות אלה הם:

א. האופי של מחזור קרינת השמש הכולל שינויים יומיים ועונתיים ואינו מאפשר למערכות הסולריות להיות זמינות 24 שעות ביממה, ללא מתקני אגירת אנרגיה.

ב. עלות הייצור וההקמה הגבוהה של מתקנים אלה. החשמל המופק כיום בארץ עולה לצרכן בממוצע כ-7 סנט לקילוואט שעה. בהערכה סהה ניתן לאמר, כי כדי להשיג מחיר תחרותי של 8 סנט לקילוואט שעה ומטה במערכות הסולריות, חייבת עלות המתקנים הפוטו-וולטאיים לרדת מתחת ל-2000 דולר לקילוואט שיל, ועלות השדה הסולרי (ללא תחנת הכוח עצמה) במתקן נים התרמו-סולריים מתחת ל-200 דולר למטר רבוע. הן במשרד האנרגיה האמריקאי והן במספר חברות מסחריות סוברים שיש יסוד סביר להנחה שתוך 10 עד 15 שנים יושגו יעדים אלה. אף פיתוח מערכות אגירת אנרגיה יגיה יקל במעות את התלות המוחלטת של המערכות הסולריות ברמות הקרינה, יאפשר אספקת חשמל אף בשעות בין הערביים ואולי בלילה ויקטין שינויים עקב עננות. כיום אין מערכות אלה מפותחות דיין ותדרש פריצת דרך משמעותית כדי להפכנ לכדאיות מבחינה כלכלית. תהליך נוסף המצוי על שולחן המפתחים ועיי שוי להיות אקונומי בארץ הינו הפעלת מתקן בדלק פוסילי ובאנרגיה סולרית במקביל. כך יחסך הצורך באגירת אנרגיה ויגדלו האמינות והזמינות של המערכות.

באם תתאמתנה התחזיות האופטימיות של משרד האנרגיה האמריקאי עשויות חלק מהמערכות הסולריות להפקת חשמל להיות זמינות מבחינה מסחרית במהלך שנות התשעים. לאור זאת על הגורמים המוסריים כים במדינה להעריך לקראת קבלת החלטה לגבי הטכנולוגיה המועדפת בתנאים המקומיים. לשם כך יש להרחיב את מדידות נפת הקרינה באזורים שונים ברחבי הארץ ולפתח שיטות להערכת משטר הקרינה החווי ובעיקר מידת העננות ושעות זריחת השמש, שאינם ניתנים לחיזוי פניסקאלי.



הפרעות השמל בזינת מהשבים*

הנדסאי דוד אטרקצי

הסתמכות הולכת וגוברת על ציוד נתונים המבוסס על מערכות אלקטרוניות רגישות הוא תהליך אשר בו אנו שרויים עתה בעיצומו.

מערכות מחשב אשר עד לפני זמן לא רב ניתן היה למצואן אך ורק בחדרי מחשב ביישומים קלאסיים נמצאות עתה בכל תחומי החיים; בתעשייה, בבתי מחסר ואף במשרדים קטנים.

תלות זו מחייבת תשומת לב רבה באשר לאיכות האנרגיה החשמלית המסופקת למתקנים אלו שכן מסתבר כי גזקים רבים לתיפקוד המערכת נגרמים בשל הפרעות הנובעות מרשת החשמל. הפרעות אלו מאובחנות בקושי או שאינן מאובחנות כלל על ידי מערכות צריכה אחרות כגון: תאורה, מנועים, גופי חימום וכו'.

סיווג ההפרעות הנפוצות וגורמיהן:

הפסקת חשמל – הפסקה מוחלטת באספקת האנרגיה החשמלית לזמן של מחזוריים בודדים (עשרות מילי שניות) ועד לזמן בלתי מגובל.

גורמי תופעות אלו יכולות להיות כידוע ארציות כגון תקלות ביחידות ייצור, ממסר, וחלוקה של חברת החשמל או תקלות מקומיות הגורמות לני-תוק נתיכים או מפסקים חצי אוטומטיים.

סטיית במתח ההזנה – מערכות עיבוד נתונים ניוזנות, רובן ככולן, ממתח נמוך 230/400V. סטיית במתח בכיוון מעלה ומטה עד לגבולות של $\pm 10\%$ הן שכיחות בשל תופעות כגון: מערכת המחוברת בקצה קו עמוס, מערכת המחוברת קרוב לשנאי הזנה ופועלת בשעות בלתי מקובלות כשהשנאי והקיים אינם עמוסים, נפילת מתח וכו'.

דעיכת מתח (SAG) – תופעה זאת המתבטאת בדרך כלל כהיכהוב בתאורה, משמעותה ירידת המתח הפאזי לערכים עד ל-160V-140V למשך זמן של חצי מחזור (10 מילי שניות) עד למספר מחזוריים. הגורמים לתופעה זאת הם בדרך כלל מיתוגים ברשת החשמל הארצית או המקומית הגורמים לזרם מינוט התחלתי גבוה בעת חיבור עומס השראתי הניזון מאותו קו.

קפיצת מתח (SURGE) – משמעות תופעה זאת היא עליה זמנית (לעיתים עד לערכים הגבוהים ב-20% מהמתח הפאזי הנקוב) במתח הרשת למשך זמן קצר של כחצי מחזור. קפיצות מתח אלו עלולות להיווצר בעת חיבור מפסק ברשת החשמל הארצית.

תופעה ידועה היא, כי החזרת המתח לאחר הפסקת חשמל קצרה גורמת במקרים רבים שריפת נתי-כים ואף נזק בציוד נשאר מחובר לדשת.

רעשים בין קוים לאדמה (COMMON MODE NOISE) – מהווים גורם הפרעות חשוב ונפוץ המתבטא בהיווצרות מתחים "רוככים" בין נקודת הארקה המזינה את המערכת לבין מוליכי הפאזה והאפס המזינים אותה. גורמי רעשים אלו המופיעים בתחום רחב מאד של תדרים הם:

- התנגדות בין נקודות הארקה היוצרת מקור מדומה;
- קרינה חיצונית כתוצאה משידור;
- מערכות הצתה של מכוניות;
- תופעות אטמוספיריות;
- או פגיעות ברק במבנה אשר תיצור גל מתח משרה בין המוליכים לבין חיבורי הארקה.

רעשים בין הקוים (TRANSVERSE MODE NOISE) –

בקטגוריה זאת נכללים הן הלמי מתח ברמה של עשרות עד מאות וולטים ובמשך זמן של מיקרו שני יות עד מאות מיקרו שניות וכן גלים מחזוריים דועים כים המופיעים בתחומי תדר נמוכים בהרבה (500Hz-5KHz רעשים אלו נמדדים בין מוליך (או מוליכי) הפאזה לבין מוליך האפס.

בין הגורמים לתופעות אלו: מיתוג עומסים גדולים במערכת החשמל הארצית ומיתוג והפעלה של מתקנים או מכשירי צריכה מקומיים, "המזהמים" את גל המתח.

סטיית בתדר – בהזנה מרשת החשמל הארצית התדר הוא יציב וקשה לראות בסטיות הקלות שבו, סיבות לתקלות במערכות עיבוד נתונים.

התמונה שונה כאשר מקור ההזנה הוא מחולל מקר מי המונע על ידי מנוע שריפה. במקרה כזה שינויי עומס חריפים יגרמו לשינויים רגניים חריפים בתדר, זאת בשל זמן התגובה הארוך יחסית של וי-סות המהירות, כלומר באם מוזנת מערכת מחשב ממקור הזנה מקומי (דיזל גנרטור) יש לצפות לסטיית-תדר תכופות בעת מיתוג עומסים, ולהפך-עות במערכת עיבוד הנתונים של המחשב.

אופן מדידת התופעות

מלבד מהפסקות החשמל ומסטיית המתח הארוכות לא ניתן להבחין בהפרעות החשמל בעזרת ציוד מדידה מקובל כגון: וולטמטרים, אמפרמטרים או מכשירים רושמי גרפים למיניהם. גם ניסיון לגילוי התופעות על ידי אוסצילוסקופ יהיה קשה בשל מקריותן מבחינת המשממש. קיימים בשיק סוגים שונים של מנתחי הפר-עות ברשת, רובם ככולם מבוססים על מיקרו-מעבדים, אשר נותנים מידע זה או אחר לגבי כל אחת מהתופעות שהוזכרו. רוב המכשירים הללו ניתנים לתכנות לערכי סף מסויימים כך שנקבל מידע רק לגבי הריוגות מערכים אלו.

רוב המכשירים המקובלים נותנים מידע לגבי:
– סטיות מתח שמשך קיומם הוא החל מחצי מחזור, נחשולו מתח קצרים החל מ-1 מיקרו שניה,
– וסטיות בתדר, תוך ציון ערך הסטייה וזמן התהוותה המדוייק.
כל המידע הני"ל מודפס על סרט באמצעות מדפסת פנימית במכשיר.

שכיחות ההפרעות השונות

למחבר לא ידוע על מחקר בנושא שנעשה בארץ, אולם בארצות הברית ובאירופה נערכו מספר מחקרים בנושא. להלן אחד מהם* המשקף בדיקות שנערכו משך זמן רב באתרים רבים.

* המחקר שנערך בינואר 1974 בחברת על ידי ה"ה G.W. ALLEN AND D. SEGAL עבור האיגוד הבינלאומי של מהנדסי החשמל (I.E.E.E.) ופורסם במסמך: MONITORING OF COMPUTER INSTALLATIONS FOR POWER LINE DISTURBANCES

* מאמר בנושא דומה "זהום רשתות ע"י צרכנים" פורסם ב"התקע המצדיע" 24, ספטמבר 1980.

הנדסאי ד. אטרקצי – מנהל מכירות בחברת "אומניטק".

ברור כי אמינות ממצאים אלו מוגבלת (בהתאם למיגב" לוח הקיימות לגבי כל סיכום סטטיסטי). במקומות מסויימים ובתקופות מסויימות עלולות כמובן, לחול סטיות רבות מהנראה בטבלה. הבדל בין אביב לחורף סוער למשל ניכר בצורה חריפה ביותר בשכיחות הפריעות החשמל באתרים רבים.

טבלה 1
שכיחות הפרעות חשמל ברשת

| מהות הפרעה | מס' מקרים בחודש | שכיחות ב-% |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|
| רעשים עקב מחזורים דויעכים (בתחום 15%) | 62.6 | 49.0 |
| רעשים עקב נחשולי מתח (בתחום 25%) | 50.7 | 39.5 |
| סה"כ הפרעות מרעשים | 88.5 | 88.5 |
| סטיות מתח - (בתחום 10%) | 14.4 | 11.0 |
| סה"כ הפרעות מרעשים ומסטיות מתח | 99.5 | 99.5 |
| הפסקות חשמל | 0.6 | 0.5 |
| סה"כ | 128.3 | 100 |

"הפרעות בקו חשמל (שינויים מעל או מתחת למתח האספקה הזמין עלולים לגרום לשינויים מעבר לאמי צות הנקובה במתח האספקה בצידו עיבוד הנתונים".

הצהרות אלו של יצרני המחשבים מצביעות על כך כי המשתמש הסופי הוא האחראי לספק למערכת המחשב מתח שיהיה בגבולות המוגדרים ונקי מרעשים.

סטיות במתח הרשת והפסקות חשמל ילוו בדרך כלל בהפרעה חדה וברורה במערכת עיבוד הנתונים. הדבר אינו דומה במכלול הרעשים. רעש כגון נחשול מתח עלול להיקלט במערכת כאות לוגי ולבוא לידי ביטוי בשיבוש פעולת המערכת בזמן אחד לגמרי. עובדה זאת מקשה מאד על מציאת הקשר הישיר בין הפרעות מחשבים לבין רעשים ברשת.

בעיה נוספת, (כנראה ייחודית למדינת ישראל), נובעת מהעובדה כי רוב סוגי הצידוד מסופקים לארץ כשהם מיועדים למתח נומינלי של 220V או 220/380V.

במקרים אחרים מסופק צידוד הניתן לחיבור למתח של 220/240V (על ידי שינויי חיבור).

במקרים רבים המתח הנקוב בארץ (230V) יוצר בזמן עליית מתח קלה וסבירה בעיה של צידוד המחובר למתח הגבוה ב-10% ממתחו הנקוב באופן רציף.

סיכום חלק זה, ניתן לומר כי כורח המציאות הוא גיבושו של תקן בינלאומי מחייב שיגדיר את מידת רגישות המחשבים להפרעות חשמל. דבר זה נראה כרגע כחזיון אוטופי. למרות שאין ספק בחיוניותו ובתרומה שהוא יכול לתרום לאמינות בפעולות המחשבים. בינתיים יאלצו כל המשתמשים במחשב להמשיך ולהתמודד עם רגישותו להפרעות חשמל.

הפתרונות להפרעות חשמל בהזנת מחשבים

ההגנה כנגד הפרעות חשמל לחיבור להיות יחסית לצורך בזמניות ובאמינות של יישום מערכת המחשב.

ככל שיישום זה קריטי יותר, כך גדל הצורך בהגנה עליו. יחד עם זאת, ההגנה במקרים רבים היא פשוטה אשר בה נלקחים בחשבון גורמים כגון מחיר, גודל, משקל, פליטת חום ורעש של מערכת ההגנה.

■ מסננים - (FILTERS):

מסננים הם רשת סלקטיבית של משרנים וקבלים המאפשרת מעבר גלים בתדר מסויים וחוסמת או מנחיתה גלים ואתות בתחום תדרים אחר. המסננים יעילים בטיפול בתדירויות מעל תחום של 50KHZ, ואלו רוב הרעשים המפריעים לתיפקוד המחשבים הם בתחום של 500HZ עד 50KHZ. דבר ההופך את המסננים לבלתי יעילים בתחומים אלו. בנוסף לכך הפסקת דיאלקטריים ואתומיים הופכים את המסננים לבלתי יעילים ברמות הספק גבוהות. לעומת זאת, המסננים זולים יחסית ויצרני מחשבים רבים מתקינים אותם בצידודם לשם קבלת הנחתת רעשים מסויימת. כאמור המסננים מהווים פתרון חלקי בלבד.

■ שואי בידוד - (ULTRA ISOLATION TRANSFORMER):

שואי הבידוד הוא בעל 2 ליפופים ביחס של 1:1. מבנהו המיוחד מבטיח קיבול טפילי - (מאפשר מעבר של "רעשים" בתדרים גבוהים יותר מתדר הרשת בין סליל לסליל) נמוך ביותר בין ליפוף אחד למשנהו ועקב כך לדחיה גבוהה מאד של רעשים בתחום תדרים רחב ביותר יחסית למסננים רגילים. שואי הבידוד חוסם רעש בשני הכוונים מהרשת לעומס ומהעומס הרשת. דחיית הרעש בין הקווים לאדמה שמספק שואי בידוד היא גבוהה ביותר. מערכות מייקרו מחשבים מיועדות בדרך כלל לפעור לה בתחום מתחים רחב מאד כנסיסה ועם זאת רגישותן לרעשים היא ניכרת. במקרה כזה שואי בידוד מהווה פתרון זול ופשוט המעלה בהרבה את זמניות ואמינות מערכת המחשב.

דרישות מתח של מערכת עיבוד הנתונים לעומת המצב ברשת

עליו לזכור כי קצב עיבוד הנתונים במערכות המחשב הוא גבוה ביותר, למשל הפרעה המתרחשת משך 10 מילי שניות עלולה להשפיע על פרק זמן בו מתבצעות כ-10,000 פעולות מחשב בודדות.

תופעה אחת או הצטרות של כמה מההפרעות שנוכרו לעיל עלולות לגרום נזקים מידיים או קיצור חיי רכיבים בצידוד, שיבושים בעיבוד, הכנסת מידע שגוי או שיבוש קבצי נתונים.

כמעט כל יצרני המחשבים מתייחסים בצורה זאת או אחרת להפרעות חשמל ובעיקר לחלק מהפרעות החשי"מל. לדוגמא, רוב יצרני המחשבים נוקבים יחד עם המתח הנומינלי של המערכת גם את תחומי הסטייה המותרים למשל (+6% -8%) או (205-235V) ואלו מעט מאד יצרנים מבדילים בנתונים בין סטיות מתח קבועות לבין סטיות מתח קצרות. להלן דוגמא, שאינה מעידה על הכלל:

שינוי רצוף - +6% -8%
שינוי עד ל-1/2 שנייה - +15% -25%

ואולם כמעט ואינן בנומצא התייחסויות מדויקות של יצרני צידוד נתונים לתופעות של רעשים מכל סוג שהוא, זאת בשעה שהוכח כברו שתופעות אלו הן גורם מות עיקריות לשיבושים רבים בתיפקוד המערכות. ההתייחסויות שניתן למצוא בהוראות ההתקנה והכנת האתור שמפרסמים יצרנים שונים הן כלליות ביותר. להלן דוגמא (בתרגום חופשי) מהנחיות טכניות להכנת אתר להתקנת מחשב - (כפי שמופיע בפרסום של חברת "DIGITAL")

"צידוד חשמלי ואלקטרוני שתוחכם במצע בקרה הדוקה על כל גורם במערכת להוציא איכות האנרגיה החשמלית למי המסופקת אליו. חברות החשמל מפעילות בקביעות מאמצים גדולים בכדי לשמור את רמות המתח, התדר וצורת הגל בגבולות מתקבלים על הדעת. הגב"ל לוח כלליות ומעשיות פוגמות במאמצים אלו".

דוגמא נוספת (מפרסום של חברת I.B.M.)

■ רכיבים נפרצים במתח גבוה:

קיימים בשוק רכיבים הנפוצים כאשר רמת המתח הפועל עליהם עוברת סף מסוים. רכיבים אלו מותקנים במקביל לקווי הרשת וזמן התגובה שלהם, עליו מצהירים היצרנים, קטן מ-1 מיקרו שנייה. רכיב בים אלו יפוצו ויקצרו וחשולי מתח גבוהים ברמה של קילוולטים ומתח הפריצה שלהם חייב להיות גבוה מ-500V (אם זוכו ששיא הגל הסיוני הוא $325V \approx \sqrt{2} \cdot 230V$) עבור מתח של 230V). רכיבים אלו אינם יעילים בחסימת רעשים שגבהם לעיתים רק עשרות וולטים.

■ וסתי מתח מגנטיים -

(CONSTANT VOLTAGE TRANSFORMER - CVT) :-

וסתי מתח חילופין מגנטיים הפועלים על עקרון של שנואי דווי נמצאים בשימוש זה כ-30 שנה. יצרנים מסוימים מקפידים על קיבול טפילי נמוך בין 2 ליפופי הוסת וכך מקבלים גם תכונות של דחייית רעשים.

יתרונו הגדול של וסת זה באמינותו שכן אינו כולל רכיבים אקטיביים או אלקטרוניים ומגבלותיו: גודל ניכר, פליטת חום ניכרת, יוצר רעש, עיוות גל (בעיקר בעומסים חלקיים) והגבלה טבעית של זרם המוצא לערכים של עד 200%-170 של הערך הנ"קוב דבר המקשה בהתגברות על זרמי התנועה.

■ וסתי מתח דרגתיים -

(VOLTAGE STEP REGULATORS) :-

וסתים אלו כוללים שנואי עצמי בעל מספר סנפים, חלקם מעלה מתח וחלקם מוריד מתח. מיתוג לסנף המתאים נעשה לפי הצורך בהתאם לרמת מתח הכניסה.

המיתוג נעשה כמובן בצורה אלקטרונית על ידי צמד מיישרים מבוקרים ועל ידי כך מבטיח זמני תיקון אופייניים של חצאי מחזור והתגברות על שינויים חריפים ופתאומיים במתח הרשת.

וסתים אלו מהווים מקור בעל עכבה נמוכה, הם קט"י יום יחסית, שקטים ופועלים בניצילות גדולה מאד גם בעומסים חלקיים.

וסת מתח אופייני יתן במוצאו מתח בגבולות $\pm 7\%$ עבור שינויי כניסה של $15\% + 25\%$.

■ צמד מנוע גנרטור -

(MOTOR GENERATOR - M.G. SET) :-

מערכות ותיקות אלו מורכבות מגנרטור הנמצא על ציר עם מנוע וגלגל תנופה. הגנרטור מהווה את המ"קור המספק אנרגיה למערכת המקומית. רעשים בקו, שינויי מתח קצרים כגון: הפסקות קצרות באספקה (עד סדרי גודל של שניות) אמורים שלא להשתקף במוצא המערכת. מערכות אלו מקובלות עדיין בהספקים גבוהים מאד, ואולם כללית, הן הולכות ונידחות בשל גורמים כגון: נפח, משקל ורמת רעש אקוסטי.

■ מייצבי רשת -

(POWER CONDITIONERS) :-

מייצבי רשת מהווים עקרונית שילוב של שנואי ביי דוד עם וסת מתח דרגתי. שילוב זה מבטיח אספקת מתח מסווג ומיוצב לעומס בכל זמן, להוציא הפס"ק ות שמל.

עבור מערכות מיני מחשבים מהווה מייצב הרשת פתרון הולם שכן תרומתו לזמינות מערכת המחשב גדולה, ועם זאת מחירו נמוך יחסית והתקני תו פשוטה שכן אינו יוצר רעש או חום.

■ מערכות אל"פסק -

(UN INTERRUPTIBLE POWER SUPPLY)

המרכיב החשוב במערכות אלו הוא הממיר האלקטרוני, חד או תלת-פאזי המספק באופן רצוף מתח-חילופין-סיוניאודלי בתדר קבוע ובאפיצות מתח קטנה ביותר.

האנרגיה למבוא הממיר מסופקת ממיישר חד או תלת-פאזי המספק גם אנרגיה לטעינת מערכת מצברים או לאחזוקתם במצב טעון (מתח-ציפה). ניתן לראות את מערכת האל"פסק כמקור עצמאי המזין אך ורק את העומס הקריטי דהיינו מערכת עיבוד הנתונים. זאת באופן רצוף וכמעט ללא תלות במתח ההזנה בכניסה למערכת.

מרכיב חשוב במערכת האל"פסק הוא עוקף סטטי אשר מעביר את ההזנה תוך זמן קצר ביותר, שלא מאובחן על ידי העומס (בדרך כלל פחות מרבע מחזור) להזנה ישירה מרשת חרת החשמל, זאת במקרה של תקלה בממיר.

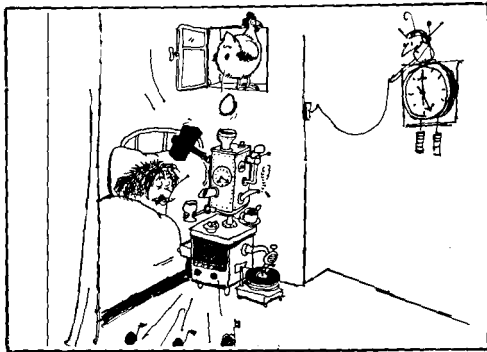
מרכז הכובד בתחרות בין יצרנים מוסב עתה למערכות UPS בהספקים קטנים יחסית (קילוואט-טיים בודדים עד עשרות קילוואטים), שכן תפוצתן של אלו עולה עקב התרחבות השימוש במחשבים קטנים ועקב ירידת צריכת ההספק במחשבים המודרניים.

סיוכום

לפי המשתמע מהפתרונות שנסקרו מהווה מערכת האל"פסק פתרון אידיאלי כמעט לכל הפרעות החשמל, אך גורמים כגון מחירה הגבוה יחסית (במיוחד על רקע ירידת מחירי המחשבים), נפחה הגדול והצורך בהתקנת מערכת מצברים גדולה יחסית בצמוד אליה, מגבילים עדיין את תפוצתה לישומים שהם יחסית קריטיים, או למקומות המועדים במיוחד להפסקות חשמל.

אם נחזור לטבלה המתארת שכיחות הפרעות החשמל, נראה כי מעל 95% של הפרעות החשמל הפוטנציאליות למערכת עיבוד נתונים כלשהי נובעות מהפרעות שאינן הפסקות חשמל כגון סטיות מתח ורעשים. גם אם ניקח בחשבון סטייה אחת בממצאי הבדיקה (טבלה 1) ונקבל עדיין אחוז ניכר של הפרעות פוטנציאליות שאינן הפס"קות חשמל, ולכן ניתנות לפתרון באמצעים פשוטים וחולים יותר.

נתונים אלו מקשים על גיבוש הנחיה שתתאים לכל סוגי המערכות לעיבוד נתונים בכל היישומים ובכל המקומות בארץ לבד אולי מהדרישה הניתנת על ידי רוב יצרני המחשבים, להונת המערכת מקו נפרד מהלוח הראשי בבית לבטל במידת האפשר הפרעות מקומיות הנובעות מצידו העלול להיות מחובר על אותו קו-הזנה. הטיפול בהפרעות חשמל, להוציא מערכות אל"פסק גדולות שהתקנתן מתוכננת בדרך כלל יחד עם התקנת מחשבים מרכזיים גדולים, נעשה רק לאחר התקנת מערכת המחשב ולאחר שמפעיליה נתקלים במספר רב של שיבושים בפעולות המערכת, כאשר כמובן לא תמיד ברור כי שיבושים אלו נובעים ממערכת החשמל. יתר מודעות לנושא הכולל של הפרעות חשמל יתרום ללא ספק לפתרון מקיף יותר או יפחית את הפרעות החשמל, כאשר הגורם המנחה חייב להיות כאמור קריטיות היישום, של מערכת עיבוד הנתונים וסוג ההפרעות הגורמות שיבושים בפעולתה.



הרשת הבלתי מאורקת (רשת מבודדת) – יתרונות ויישומים

אינג' אורי כהן

בנסיגון הרב נתקלת בודאי בצורך להבטיח המשך פעולת מתקן חשוב גם במקרה של פגם או תקלה כלשהי במערכת החשמל.

מתקנים חיוניים כאלה נמצאים, לדוגמא, בצבא, בבתי חולים, במערכות מחשבים ובתעשייה. במתקנים תעשייתיים ובמיוחד במעגלי פיקוד, עלול קצר קטן להאריק לגרום להפסקת הייצור במתקן כולו, או בחלק חשוב ממנו. ההפסד הכספי הנובע מכך, גבוה לאין שעור מעלות התקנת רשת מבודדת, בלתי מאורקת, המאפשרת המשך העבודה גם בזמן התקלה, עד למועד ביצוע תיקון.

במתקנים תעשייתיים מסוימים עלול להיות ההפסד הכספי גדול במיוחד באם כתוצאה מהפסקת הייצור הבלתי מבוקרת תהיה סדרה שלמה, ואולי אף ייגרם נזק רב לתבניות, מכונות יציקה או מתקנים אחרים.

סוגי הרשת

הרשת החשמלית בנויה משני רכיבים משולבים: רכיב ההזנה ורכיב ההגנה. תפקיד מערכת ההזנה לספק לצרכנים ולמתקנים השונים אנרגיה חשמלית. תפקיד מערכת ההגנה להגן על המתקן, ויותר מכך על האדם המשתמש בו. רשת אמינה תהיה זו הממלאה את שני תפקידיה בו זמנית, ולא אחת על השנייה.

בתקן הבינלאומי IEC 364-3, בחוק החשמל שלנו: תקן נות בדבר הארקות ושיטות הגנה נגד חישמול ובתקן הגרמני VDE 0100 Teil 410 /...82 מוגדרים שלושה סוגי רשתות: IT, TT, TN: בהן:

- האות T מציינת "מאורק".
- האות I מציינת "מבודד".

האות הראשונה (משמאל) מגדירה את החיבור להארקה מצד המקור, האות השנייה מצד הצרכנים.

בחוברת האחרונה של "התקע המצדיע" (מס' 30) פורסם מאמר מפורט וממצה מאת אינג' נחום פלג על השיטות השונות לאספקת החשמל וההגנה מפני חישמול (הגישה החדשה). הוא כולל הסברים מקצועיים מעורבים על ההבדלים בין השיטות ולכן מומלץ לשוב ולעיין בו.

ברצוני להתמקד במאמר זה באפשרויות היישום הגלוריות ברשת הבלתי מאורקת IT וביתרונותיה.

רשת מאורקת

הרשת המאורקת – המוכרת לנו – הכיחה את עצמה ביניליותה ובפשיטותיה. העקרון הוא פשוט: להאריק את מקור ההזנה, דהיינו הארקות שיטה (לדוגמא את נקודת הכוכב המשוני בטרנס) ובמקביל לחבר להארקה את כל חלקי המתכת הנגישים, וזאת כדי להבטיח שיהיו תמיד בפוטנציאל האדמה, ושלא ניתן יהיה לקבל דרכם מכת חשמל. רשת זו גם הכיחה את עצמה באמינות יוצאת מהכלל, כאמצעי יעיל יחיד להעברת אנרגיה חשמלית, בכמות גבוהה למרחקים ארוכים. אך יש לרשת המאורקת גם מספר חסרונות משמעותיים:

- מגע של אחד ממוליכי הרשת לגוף המאורק גורם לזרם קצר, אשר מצדו ישרוף את הנתון ויגרום להפיסקת האספקה.
- מגע אדם במוליך חשמלי חי סוגר מעגל חשמלי לאדמה, ומאפשר מעבר דרכו לזרם אשר מסכן את חייו.
- זרמי קצר להארקה או תקלה בבידוד גורמים לניצוץ ולהתהוות חום אשר עלולים לגרום לשריפה ולהתפוצצות, עוד לפני שאמצעי הגנת הרשת יפעלו. ההתבססות על ההנחה שהתנגדות התקלה קרובה לאפס – אינה תמיד נכונה. זאת בעיקר עקב מגבלות טכניות, ההגנה תופעל רק לאחר שזרם התקלה יגיע למימדים ניכרים, ועד אז תשתחרר אנרגיה ניכרת שתגרום נזקים ישירים ועקיפים.

אינג' א. כהן – מהנדס יעץ

- אספקת חשמל אמינה, חייבת להיות מתוכננת כך, שלא תהיה רגישה מדי, ולא תגרום להפסקות הונה תכופות. תגובת אמצעי ההגנה תתקבל רק לאחר שהפגם בבידוד התדרדר למצב קיצוני – מסוכן – אשר ייאלץ ניתוק. לתחזוקה מונעת טובה, זה כבר מאוחר מדי.

- ההגנה על האדם והציוד מותנית בהתנגדות לולאת תקלה נמוכה ביותר, דבר שכמעט לא ניתן לישום במתקנים ניידים והמותקנים לרוב בחופזה.

בעידן הטכנולוגי שבו אנו חיים אין להשלים עם חסרון נות אלו בתחומים רבים וחשובים.

רשת מבודדת

כפתרון פשוט משמשת הרשת המבודדת, אשר עונה על כל החסרונות הנ"ל בצורה טובה יותר מכל פתרון הניתן לישום ברשת מאורקת.

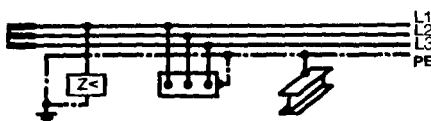
בחור"ל מהווה הרשת המבודדת מרכיב חשוב בכל מפעל מתקדם, המודע להפסד הגבוה הנובע מכל השבתת ייצור. הרווח המתקבל מרמת תחזוקה גבוהה של גורמי הייצור, שווה כל פרוטה המושקעת בתחזוקה מונעת! כמובן שאין מקום להתקין רשת כזו בכל מקום, אלא באותם מקרים שבהם היתרונות המיוחדים של רשת זו מחייבים אותנו לכך.

יתרון משמעותי נוסף של הרשת המבודדת מתבטא בעבודה אמינה יותר של מתקני ייצור, שהפיקוד והבקרה עליהם נעשים על-ידי מ ח ש ב י מ, ב ק ר י מ מתוכנתים או באמצעות רובוטים, המחייבים אמינות אספקה מכסימלית.

חסרונות הרשת המבודדת מהווים: טווח אספקה מצומצם יחסית, וצורך בהפרדה מהרשת המאורקת, המחייבת לעיתים השקעה ראשונית נוספת.

ברשת המבודדת – IT – אין חיבור גלווני בין מקור הזינה או הרשת לכל אורכה, לבין ההארקה! הגופים המתכתיים של מכשירי הצריכה וכן חלקים מוליכים נגשים אחרים חייבים בהארקה, אך אין חיבור חשמלי בין הרשת והארקה. ההארקה לכל צרכן יכולה להיות משותפת או נפרדת (ציור 1).

ציור 1



בגמר המשמרת, או במועד אחר. במקרים מסוימים ניתן לתקן את הליקוי גם בזמן פעולת המערכת. מנתונים סטטיסטיים מתקבל, שהרוב המכריע של הפסקות ההזנה למתקנים, נגרמים משריפת הנתיק, כתוצאה מקצר להארקה.

מפורטים להלן מספר דוגמאות למתקנים אשר אסור להפסיק את פעולתם בשלבים קריטיים או שאסור להפסיקם בצורה בלתי מבוקרת:

מסיבות כלכליות -

- (א) תהליכים כימיים מורכבים - למניעת נזק למתקן או לחומר.
- (ב) יציקות פלסטיות, גומי ומתכות מיוחדות - אשר הפסקת התכתם תגרום נזק רב למתקן.
- (ג) בייצור בעזרת סרט נע - בעל מספר תחנות והזנת חומר אוטומטית ביניהן, הפסקת אחת המכונות תגרום לעוצמת כל הסרט והפסקת הייצור.
- (ד) אלקטרוליזה.
- (ה) בריתוך אוטומטי.
- (ו) מחשבים, בקרים מתוכנתים, מערכות פיקוד קונבנציונליות ודובוטים.

מסיבות בטחוניות

- (א) מתקנים חיוניים בצבא, כגון קשר, מכ"ם וכו'...
 - (ב) תאורת בטחון היקפית.
- מסיבות הגנה על חייאדם, כגון -**
- (א) מכשירי החיאה בבתי חולים, במיוחד בחדרי ניתוח וטיפול נמרץ.
 - (ב) תאורת הרום באולמות.
 - (ג) מנופים ומערכות הנעה והרמה (במיוחד מעליות) ופיקודם.
 - (ד) תאורת מקומות עבודה קריטיים.

תימקוד

מיתוג בתחנות כח ותחנות משנה ומערכות אספקה חילופית לשעות דחק (Stand by).

במחשבים, בקרים מתוכנתים ורובוטים

בהם יש לשימוש ברשת מבודדת חשיבות מיוחדת. מערכות אלו דגישות במיוחד לסינגלים ולרעשים שרינם המגוינים אליהם מהזנת הרשת הארצית. רעשים אלו, שהרשת מלאה בהם, גורמים לשיבושים רבים בפעולת המחשב, ולא פעם גורמים נזקים חמורים. לרוב גם אין מודעים לעובדה, שזוהו המקור לצרות. בעזרת טרפו מבודד, מוניטור וסינון מתאים ניתן בקלות להשיג רשת "נקיה" מרעשים, ולהבטיח פעולה אמינה של המערכת.

יתר על כן, כאשר ניוון הבקר או המחשב מנתונים המתקבלים מסנסורים (גלאים) אנלוגיים עלול להתקבל במחשב תרון שגוי כתוצאה מתקלה בבידוד. המתי שב אינו מסוגל להבדיל בין אות תקין לשגוי והפקודות שיוציאו תהיינה שגויות בתכלית. הוא הדין בבקרים קונבנציונליים לטמפרטורה, מהירות ועוד.

מלבד זאת, יכולות להגרם, כתוצאה מקצר להארקה (ברשת מוארקת), תופעות חמורות של פיקוד שגוי לדוגמה - קצר להארקה עלול למנוע פתיחת או סגירת שסתום, כשעת הצורך, או לגרום להפעלת "העצמאית".

רשתות הפיקוד במעלית הן דוגמה מוחשית, כיצד מתגברים על בעיות אלו בעזרת רשת מבודדת.

בעזרת הרשת המבודדת נמנע תיפעול שגוי כזה.

במערכות פיקוד ארוכות ומסועפות, הפועלות בורם חילופין, חשוב לעיתים למדוד גם את ההתנגדות היקבולית של הרשת, בנוסף להתנגדות האוהמית של הפגם. חשיבות מדידת העכבה הכללית מתמקדת

ההזנה לרשת מבודדת יכולה להתקבל משנאי מבודד, גנרטור, ממיר (סטטי או מסתובב), סוללת מצברים או כל מקור בלתי תלוי אחר. רשת זו יכולה להיות זרם ישר, זרם חילופין (חד או תלת פזיז).

בחוק החשמל בתקנות בדבר הארקות ושיטות הגנה מפני חישמול (פרק ב') מוגדרת רשת זו: "שיטה בלתי מוארכת מותרת בתנאי שתצויד, במקור הזנה, במערכת שתפקח על הבידוד במתקן ותפעיל אזהרה כשרמת הבידוד יורדת מתחת לנדרש..."

בתקנות הישנות הוגדרה רשת זו בסעיפים 10-12 בצורה דומה.

הרשת הבלתי מוארכת נקראת גם "רשת מבודדת" או "רשת צפה", ונדרש - כאמור להתקין בה מוניטור לבדיקת טיב הבידוד.

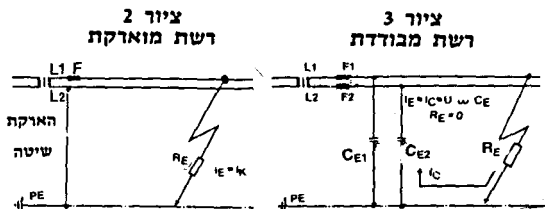
במידה והבידוד בין הרשת המבודדת להארקה ייפגם מעבר לרמה מסוימת, התפקוד הרשת, עקרונית, לרשת המוארכת המוכרת. במקרה כזה, תיווצר סכנה, אם לא נדע על הפגם בבידוד, ונתייחס לרשת כאילו היא עדיין מבודדת, ונחשוב שאנו עדיין מגוינים על המערכת בצורה מיריבית, או נהגים מיתרון אחר של הרשת המבוידת, אך למעשה היא כבר איננה כזו.

כדי לקבל התראה כבר בתקלה הראשונה, נדרשת בחוק ביקורת מתמדת על מצב טיב הבידוד. את יחידות בדיקת הבידוד והתראה אלו, ה" ISOMETER - מתקנים בין קוי הרשת לבין הארקה. יחידות אלו - (מוניטורים) בודקות את טיב הבידוד בכל זמן פעולת הרשת ומתריאים מיד כאשר התנגדות הבידוד יורדת מתחת לערך שבחון במכשיר מראש. לכל רשת מבודדת נדרש ISOMETER אחד ורק אחד.

יתרונות וישומים

אי הפסקת המערכת

בציור 2: נראית רשת מוארכת. כאשר יתהווה קצר בין קו ההזנה לבין הארקה יישרף הנתיק ותופסק ההזנה למתקן. אך ישנם הרבה מאד מתקנים שבתנאים מסוימים אסור להפסיקם כלל, או שאסור להפסיקם בצורה בלתי מבוקרת.



ברשת המבודדת - ציור 3 - רואים שבמקרה של קצר ואפילו מלא להארקה, לא יזרם זרם מכיוון שאין מעגל סגור, אלא דרך קיבוליות הרשת. הנתיק לא יישרף, ההזנה למתקן החיוני ועבודתו הסדירה יימשכו גם במקרה של קצר להארקה. מצאנו יתרון חשוב ראשון לרשת מבודדת: **אי ניתוק המערכת!** במקרה של תקלה ראשונה לארמה, המתקן ימשיך לעבוד ללא הפרעה עד שיתוק בזמן ובצורה שהמשתמש שולט עליו.

ישנן אפשרויות רבות כיצד לנצל את ההתראה המתקבלת במגני ה" ISOMETER. דוגמה מעשית שישומה בחברת פורד, שמרבית קוי הייצור בה ניוונים מרשת מבודדת, מתבססת על הסביבות המוכנה להיווצרות פגם שני במכונה, באותה משמרת. מעגל נעילה פשוט אינו מאפשר להפעיל מתוך את המערכת כאשר יש בה פגם בבידוד. פגם הנוצר בזמן פעולת המכונה אינו גורם להפסקה, אלא להתראה בלבד. החשמלאי במקום יוכל להחליט אם יש צורך לתקן את הפגם

ISOLATION METER של ISOMETER

- ציוד נייד הניזון מכבל, נמשך או תלוי.
- מתקנים ניידים וארעיים, כגון טרי רים אשר אין אפשרות להבטיח להם הארקה מספיק טובה.
- אוניות.
- מכרות ומחצבות.

הגנה מפני שריפות והתפוצצויות:

ידיע לנו שבמקום שמתחיל קצר, מותהוה חום אשר יכול להצית חומרים דליקים ולגרום לשריפות. במקום מות בהם יש אטמוספירה נפיצה או רוויית אדי דלק מספיק וזם קצר קטנטן שיגרום לניצוץ והתפוצצות. עדיין לא נמצאה שיטה מספיק רגישה לאתר תקלות מסוג קצר בין שני מוליכים חיים, או חיבורים רופפים הגורמים לניצוצות וחומים כשאלו עדיין בשלבים התחלתיים. לעומת זאת הוכח, מבחינה סטטיסטית, שרוב התקלות במתקני חשמל מתחילות בליקויי הברידה להאיקה או לגוף מוארק.

מטבעם של פגמים בבידוד, כבתחילת התהוותם אין מרגישים בהם בדרך כלל. במשך הזמן רמת הבידוד מתדרדרת כתוצאה מתנאים סביבתיים (חום, רטיבות, גזים ועוד). כתוצאה מהתדרדרות מותהוים חום וגזים נוספים המאיצים את התהליך ונוצרת תגובת שרשרת. כאשר החום יגיע למימדים מסוכנים או שבמקום הפגם ייווצר ניצוץ כתוצאה מקצר, יהיה ברוב המקרים כבר מאוחר מדי. מנתונים סטטיסטיים מתברר שקצר מיודי מלא, נדיר יחסית. המקרים הנפוצים הרבה יותר והגורם מים להתלקחות, קורים כאשר מתחילה התנגדות הברידה דוד לרדת הרבה לפני שנוצר קצר מלא. ככל שפגם בברידה יאותר בשלב מוקדם יותר - כשזרם הזליגה עדיין סדר גודל אפסי, בהשוואה להגנה המקובלת - יהיה המתקן בטוח יותר. זאת ניתן ליישם רק בעזרת רשת מבודדת.

ברשת מבודדת ניתן לקבל התראה כבר בירידת התנגדות הבידוד נחת לכמה מאות קילואוהם בעוד שממך סך דלף רגיש הפועל בזרם פחת לאדמה (FI) יופעל רק בכך 7 קילואוהם (ברשת 220V). יתרה מכך, מאחר וכי דוע ממסר פחת פועל על עקרון של הפרשי זרמים, רגישותו פוחתת כאשר קיימת זליגה להאיקה ביותר ממוליך אחד, לדוגמה גם במוליך האפס.

ה' ISOMETER לעומת זאת מודד את כלל הזליגה מכל המוליכים כלפי הארקה.

קיימים מוניטורים, דו שלביים, שיתנו התראה מוקדמת בערך התנגדות גבוה והתראה נוספת (ואפשרות ניתוק) בערך נמוך יותר.

במקומות רגישים במיוחד ניתן להשתמש כמוכרן באחד ממגנעי ה' ISOMETER לניתוק מיידי של המערכת. הרשת המבודדת עם מכשיר הפיקוח שלה הם אחד האמצעים הזולים להגן מפני נזקי שריפה. מנועים חשמליים, קירות ומחיצות דקדוטיביות, חומרי עץ, בד ופלסטיק, הנשדפים בקלות, הם רק חלק קטן מרשימת הדוגמאות אשר כל אחד יכול להרחיב על פי ידיעותיו ונסיונו. אך יותר מכל רגישים חוקקים להגנה מפני שריפות והתפוצצויות הם מעבדות ומתקנים המשמשים לייצור ואיחסון מוצרים כימיים, פטרוכימיים, דלקים וחומרי נפץ.

כתוצר לואי של היתרונות שראינו בפרקים הקודמים מתקבל יתרון חשוב נוסף שהוא כלכלי ביסודו:

תחזוקת מנע

כאשר נקבל התראה כבר בירידה קטנה של טיב הבידוד, זמן רב לפני כל התראה שניתן לקבל ברשת מוארקה, נוכל לשמור על רמת תחזוקה גבוהה ביותר. רמה גבוהה של תחזוקה היא בחשבון סופי, הזולה ביותר.

אחזקה ברמה גבוהה תוסכת לנו את ההפסד הנגרם מהפסקת ייצור כתוצאה מתקלה.

תקלות אלו נגרמות בדרך כלל באותם מתקנים העמוסים ביותר ושעליהם הלש העבודה הגבוה ביותר.

זרמי קצר גבוהים נוצרים בחשך מוארקה בכל מגע בין קו הזנה להאיקה. בעוד שברשת מבודדת תקינה יהיו אלו רק זרמים מזעריים.

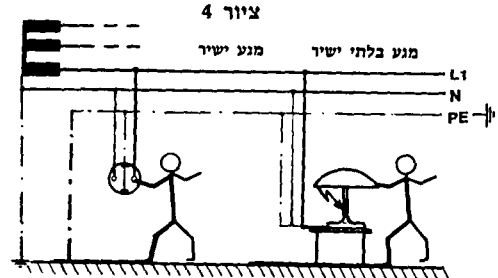
במערכות המבוססות על ממסרים שהספק המשיכה שלהם נמוך ובהם הספק ההחזקה (עד השחרור) קטן עד כדי עשירית מהספק המשיכה. לעליה בקיבוליות תהיה ברשתות כאלו - השפעה שלילית על התיפקוד האמין, בדיוק כמו לירידה בהתנגדות הבידוד. ברשתות כאלו מומלץ להשתמש ב' ISOMETER המודד את העכ"בה הכללית של הרשת לאדמה!

במערכות פיקוד העובדות במתח נמוך או נמוך מאד (למשל 24 או 110 וולט) קל ביותר ליישם רשת מבודדת. הטרפו קיים בדרך כלל, וכל אשר יש לעשות הוא, לבודד מהארקה את הסליל המשוני, ולהתקין מוניטור פשוט וזול, אשר יתריע במקרה של ירידה ברמת הברידה. ברשת פיקוד של 230 וולט יידרש לרוב גם טרפו מבודד ביחס של 1:1.

חלוקת רשת הפיקוד לשניים או יותר רשתות קטנות תקטין את הסבירות להוצרות תקלות, ויקלו על החשמלאי למצוא את התקלה בעת הצורך.

ראוי להזכיר, שישנן מערכות מחשבים שרצוי - מסיבות מיוחדות - להאריק את הצד המשוני של הטרפו המבודד, ולא לעבוד עם רשת מבודדת, אלא מוארקה. במקרה זה נדרש בתקן הבינלאומי IEC 364 PART 7.707, מוניטור מיוחד המבקר כל העת את רצפיות מוליכי הארקה, ויגרום לניתוק להאיקה למערכת כאשר מתה"זוה בהם נתק.

הגנה על חיי אדם



הזרם שיזרום דרך גופו של אדם הבא במגע ישיר או בלתי ישיר עם מתח רשת מוארקה, יהיה גדול ועלול לפגוע בו. מאחר וההגנה (פרט לממסר פחת) היא לזרם מים של אמפרים ההגנה אינה מגיבה למגע ישיר.

קל להשתכנע שזרם שיעבור דרך גופו של אדם הבא במגע עם קו רשת מבודדת יוכל לחזור למקור הזינה רק דרך קיבוליות הרשת. הזרם שיעבור דרכו יהיה כה נמוך שלא יגרום לסיכונו.

למתקנים בבתי חולים קיימות דרישות מיוחדות ומחמירות בהרבה (על פי התקנים החדשים של IEC 62A ר' 62A) (VDE 0107 / 6.81) (אליהם נתייחס, אולי במאמר אחר).

ברשתות זרם ישיר, שבהן קיבוליות הרשת אינה משפיעה, המצב - כמוכרן - טוב הרבה. באלה יש גם לקחת בחשבון מקרה שמפסק הדלף הפועל בזרם פחת לאדמה אינו פועל! כך שלרשת זרם ישיר בעלת מתח העולה על 50 וולט, אמצעי ההגנה היעיל היחיד נגד מגע ישיר תהיה רשת מבודדת עם יחידת התראה.

מתקנים בהם רמת הסיכון גבוהה במיוחד

המקומות הבאים הם חלק מאותם מתקנים שרמת הסיכון בהם, למגע חשמלי על ידי אדם, הינו גדול במיוחד:

- מעבדות בבתי ספר מקצועיים ובמוסדות להשכלה גבוהה.
- מעבדות מחקר.
- מעבדות לתיקונים ובדיקה של ציוד חשמלי.
- מרפאות, בתי חולים ומרכזי טיפול רפואי, בהם מחובר האדם ישירות לציוד רפואי חשמלי או לאמצעי החיאה.

ההזנה אליו פוררים תופשית בשטח, פגיע במיוחד ודמת אמיינותו הבטיחותית והתפעולית כאחת יהיו בהכרח נמוכים.

התקן VDE 0100 המחייב ברשת מוארכת התנגדות הארכת שיטה לאדמה הקטנה מ-2Ω, מרשה לעומת זאת ברשת מבודדת התנגדות הרבה יותר גבוהה. ברשת מבודדת כזו (סלעיף 53) כשהמתקנים ניידים מותרת התנגדות אלקטרודה לאדמה עד 20 Ω ובמתקן נים ניידים מותרת התנגדות לאדמה עד 100 Ω (התקן הבינלאומי IEC 364.413.1.5 מתיר אף התנגדויות גבוהות בהרבה). למעשה כשבגנרטורים ניידים משתמשים ברשת מבודדת עם מכשיר אמיץ לבדיקת רמת הבידוד בין הרשת והארקה, מחדש בתקנות, וכל החלקים המבנתים מוארקים, לא תהיה להתנגדות מוט ההארקה חשיבות.

בגנרטורים, קל ביותר ליישם רשת מבודדת וכל אשר יש לעשות הוא לנתק את החיבור בין הרשת לארקה (בדרך כלל בתקנת הכוכב) ולהתקין מוניטור פשוט וזול, אשר יתריע במקרה של ירידה ברמת הבידוד חשוב לשים לב, שבדשת חד-פזית מבודדת יש להבטיח את שני המוליכים.

כאשר משתמשים בגנרטור נייד המזין קרון נפרד, יש חשיבות שמוליך הארקה בין שני הכלים הניידים יהיה תקין בכל עת. מכשירים מתאימים יכולים להבטיח את תקינותו של קו הארקה כזה הדרוש להשוואת פוטנציאלים בין שני המתקנים. לדבר זה חשיבות מירידת בשימוש בצירוף אלקטרונים.

כדוגמאות למתקנים ניידים, כאלו נציין: גנרטורים וצרכנים הניזונים מגנרטור נייד, ציוד צבאי מגוון שלא כאן המקום לפרט, פרויקטורים, משאבות כבוי אש, מטוסים, וכן באוניות.

סיכום:

אין ספק שבאמצעות רשתות מבודדות ניתן להשיג את ששת היתרונות המשמעותיים שהזכרנו:

- (א) הבטחת רציפות ההזנה למתקן.
- (ב) הגנה על חייאדם
- (ג) הגנה מפני שרירות והתפוצצויות.
- (ד) תחזוקה מונעת.
- (ה) מניעת תפעול שגוי.
- (ו) שימוש בטוח בגנרטורים ניידים.

יתרונות אלו לא נתן להשיג בסוגי רשתות אחרים. מסיבה זו הוכנסו בליזופה רשתות אלו כחובה במקומות מסוימים: בתי חולים, תאורת חרום באולמות, מכרות, תעשייה פטרוכימית או אחרת, שבה סכנת התפוצצות גבוהה, מעבדות ובתי ספר ועוד.

במקומות רבים אחרים משתמשים ברשתות המבודדות משיקולים כלכליים.

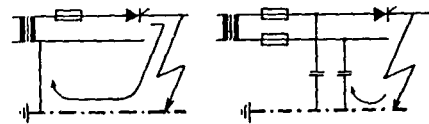
את כל היתרונות שמינו, נוכל לנצל דק במידה ונקבל מידע מייד ומדויק על ירידה בתקינות הרשת, הווה אומד - על טיב הבידוד. מידע אמין כזה יתקבל רק אם מתקינים מכשירים מתאימים שיבדקו את הבידוד בכל זמן שהרשת נמצאת תחת מתח ולעיתים גם כשהיא מנותקת וממצאת בהמתנה.

גם בתקנות נדרש מכשיר לבדיקת טיב הבידוד, שתפקידו לאתר קצרים או פגמים מתהווים בבדידו בין הרשת לארקה לפני שתתהווה סכנה לחייאדם או לציוד, לתת התראה ובמקרים מיוחדים אף לנתק את המכשירים הממלאים תפקיד זה, את ה- ISOMETER יש להתאים לתנאים המיוחדים של כל רשת ולברוד את שיטת המדידה והדגם, המתאימים לה ביותר.

מכשירים כאלה הינם פשוטים להתקנה, נוחים לתפעול, קטנים במימדיהם ועלותם נמוכה. לעומת זאת גדול ביותר הרווח המתקבל מיתרונותיו הרבים של מכשיר כזה המותקן ברשת מבודדת.

בגלל היקף הנושא נאלצנו לקצר בממיר זה. נושא שייטוט המדידה השונות שהינו נושא רחב בנוי עצמו, יובא כמאמר נפרד באחד מהעלונים הבאים.

ציור 5



במיוחד רגישים לזרמי יתר הם חצאי המוליכים, רכיבים עדינים אלה, עלולים להזקק חמורות, תוך זמן קצר, כשיעבור דרכם זרם הגבוה מורם העבודה המיועד להם. החלפת רכיב פגום דורשת בעל מקצוע מיומן ולעיתים קשה יהיה למצוא במלאי רכיב חליף לזה שפגע.

חצאי מוליכים אלו מוצאים שימוש הולך וגובר בכל תחומי חיינו ובמיוחד בתעשייה; בבקרים מתוכנתים, מחשבים, בקרי מהירות סבוב, טמפרטורה ואחרים בנויים כמעט כולם על טהרת חצאי המוליכים ועל הגנתם כדאי לחשוב בעת התכנון וההתקנה. הכנון טוב יהיה כידוע, זה הלווקח בחשבון מראש את כל התקלות האפשריות ונוקט בכל האמצעים למונעם.

היות וברשת בלתי מוארכת לא נדרש להפסיק מיד את המתקן, ניתן לבצע **תיקונים בזמן הנוח לנו**, כגון לאחד שעות העבודה, בימי עישיש או לאחד הפסקה מבוקרת של המערכת. במיוחד ראוי להדגיש שאיזור מקום התקלה יכול אף הוא להבצע **בזמן פעולת המערכת ותחת מתח**. ובכך לא נגרם הפסד זמן ייצור כזמן איתור התקלה, בניגוד לרשת מוארכת, שבה מנתקת המערכת את עצמה מיד במקרה של תקלה. (נושא "איתור מקום תקלות ברשת המבודדת" ידון בהרחבה במאמר נפרד).

על מתקני חרום הנמצאים בהמתנה, בכוננות מתמדת, מוטל תפקיד לפעול בעת הצורך זמן קצר יחסית, אך ללא תקלות. חשיבות מיוחדת יש לפעילותם התקינה בעת הצורך של גנרטורים או מנועים המפעילים מתקן נים בעת חרום. מנועים כאלה הנמצאים מטבעם מרביית ימות השנה בכוננות, פגיעים לרוב, כתוצאה מאיחור סון או מקום ההתקנה, לרטיבות או ירידה אחרת בטיב הבידוד. וכמוכן שהם חייבים לעבוד בעת הצורך ללא פגם. על טיב הבידוד כמנועים כאלו ניתן לפקח באמצעות ISOMETER מיוחד שיש שאינם מוצאים בניצול. כאשר מתברר שיש ירידה ברמת הבידוד ניתן ליבש, להחליף או לתקן את המנוע מיד כדי שלא יקרה מצב שבו יישרף המנוע מיד עם הפעלתו בשעת חרום.

כדוגמא מעשית ניתן לתאר מנוע חשמלי המתוקן בתניאים קשים של יתחן או זהום והמופעל רק לעיתים רחוקות (כמנוע של משאבה טבולה לכביש). בהפעלה ראשונה לאחר הפסקה ממושכת יתהווה לעיתים תכופות מצב של חיבור על קצב אשר גירום נזק למנוע אותו מנוע. כדי למנוע מצב זה יש לפקח כל הזמן באמצעות ISOMETER מתאים, על תקינות הבידוד. אם מתברר, כי רמת הבידוד בין ליפופי המנוע לגוף ירידה מתחת למותר, ניתן לייבשו למשל על ידי העברת זרם ישר במתח נמוך מאד, כדי שטיב הבידוד יתוור לרמתו הנדרשת.

גנרטורים ומתקנים ניידים

לאילו קשה לבצע בשטח, הארקה מספיק טובה.

מתקנים ארעיים רבים, כגון מחנות צבא, מתקני קשר ואלקטרוניקה ניידים, אשר מטבעם פזורים בשטח שקבוצתו אין אפשרות התחברות לרשת ההזנה הארצית, ויוונים מגנרטורים ניידים לצורך הפעלתם. מתקנים אלה, שלעיתים נוצר בהם הספק נכבד למדי, מותקנים בדרך כלל בחופה ומועברים בתכיפות ממוקם למקום.

מקומות אלה יהיו, לרוב, אזורים צחיחים, ואף סלעיים, עובדה המונעת בדרך כלל את ההזדה מוט ההארקה לעומק הנדרש. ברור שבתנאים אלה לא ניתן להתקין עבוד מערכות אלה הארקה ברמה מנימלית הנדרשת על מנת להגן על הציוד, ובמיוחד על המשתמשים בו. מאידך יהיה ציוד נייד כזה, המתטלטל בדרך, ואשר קוי

1. על לוח עץ מותר להתקין:
 - א. עד 4 מבטחים.
 - ב. עד 4 מפסקים.
 - ג. לא יותקנו מפסקים או מבטחים על לוח עץ.
 - ד. אסור להשתמש בלוחות עץ כלוחות השמל.
2. מתקן ביתי חד-פאזי מוזן מלוח ראשי. בלוח זה חייבים להתקין:
 - א. מפסק אוטומטי ראשי ארבע-קוטבי בלבד.
 - ב. מפסק אוטומטי ראשי תלת-קוטבי בלבד.
 - ג. מפסק אוטומטי ראשי חד-קוטבי או דו-קוטבי בלבד.
 - ד. אף תשובה אינה נכונה.
3. בחדר אמבטיה או בחדר מקלחת מותר להתקין:
 - א. מפסקים חד-קוטביים המנותקים את מוליך המופע.
 - ב. מפסקים המופעלים על ידי תיל משיכה מחומר מבודד.
 - ג. מפסקים דו-קוטביים בלבד המנותקים את מוליכי המופע והאפס.
 - ד. אסור בכלל להתקין מפסקים בחדר האמבטיה או חדר המקלחת.
4. למכשיר חשמלי קבוע או נייד חד-מופעי חובה להתקין:
 - א. מפסק קבוע דו-קוטבי, נפרד מהמכשיר ובטווח ראייה ממנו.
 - ב. מפסק קבוע דו-קוטבי שאינו בטווח ראייה ואינו ניתן לנעילה במצב כלשהו.
 - ג. מפסק קבוע חד-קוטבי שאינו בטווח ראייה וניתן לנעילה.
 - ד. מפסק קבוע חד-קוטבי נפרד ובטווח ראייה מהמכשיר.
5. האם זרם יתר במעגל נובע מ:
 - א. זרם קצר בלבד.
 - ב. עומס יתר בלבד.
 - ג. זרם קצר או עומס יתר.
 - ד. אף תשובה אינה נכונה.
6. במתקן ביתי מותקן דוד חשמלי לחימום מים. חובה להתקין עבור הדוד:
 - א. מנורת סימון המעידה על קיומו או העדרו של מתח זינה לדוד.
 - ב. מנורת סימון המעידה על חיבורו או אי חיבורו של גוף החימום למתח על ידי התרמוסטט.
 - ג. מנורת סימון המעידה שדרך גוף החימום זורם זרם.
 - ד. אין בכלל חובה להתקין מנורת סימון לדוד לחימום מים המוזן על ידי מפסק דו-קוטבי.
7. הטמפרטורה המינימלית המקסימלית במוליך בעל בידוד פוליוניל כלוריד (P.V.C) בעבודה תקינה לא תעלה על:
 - א. 60 מעלות צלזיוס.
 - ב. 70 מעלות צלזיוס.
 - ג. 120 מעלות צלזיוס.
 - ד. 160 מעלות צלזיוס.
8. הטמפרטורה האופפת של מוליך היא:
 - א. 35 מעלות צלזיוס כאשר הוא מותקן באויר.
 - ב. 35 מעלות צלזיוס כאשר הוא מותקן באדמה.
 - ג. הטמפרטורה בקרבתו המיידית בזמן עבודה רגילה.
 - ד. הטמפרטורה בקרבתו המיידית בזמן שלא עובר בו זרם.



סמן בעגול את התשובה הנכונה, ציין את שמך וכתובך, גזור ושלה למי כתובת המערכת (אם ברצונך לשמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד)

| שאלה 1: | שאלה 2: | שאלה 3: | שאלה 4: | שאלה 5: | שאלה 6: | שאלה 7: | שאלה 8: |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| א | א | א | א | א | א | א | א |
| ב | ב | ב | ב | ב | ב | ב | ב |
| ג | ג | ג | ג | ג | ג | ג | ג |
| ד | ד | ד | ד | ד | ד | ד | ד |

תשובות תתקבלנה עד 30.6.84

השם

הכתובת

בין הפותרים נכונה את החידון יוגרלו פרסים.

מבחר סוגי רכב חשמלי הנמצאים בשימוש עכשוי

(דאה מאמר בעמוד 28)

